

---

I. *Ueber das Verhältniß zwischen Wassergehalt und Constitution der Salze; von Dr. P. Kremers.*

---

Bereits vor längerer Zeit versuchte Berzelius<sup>1)</sup> zu zeigen, wie verschiedene bisher unzerlegte Körper, welche als solche deutlich unterscheidbare allotropic Zustände besitzen, diese auch in ihre Verbindungen gleichsam hinübertragen. Es war hiermit die Idee gegeben, zufolge welcher chemische Vereinigung weniger darin besteht, daß die specifischen Eigenschaften zweier zusammentretender Körper sich gegenseitig aufheben, als vielmehr darin, daß sich dieselben nur mehr oder weniger verdecken; es war hiermit zugleich die Möglichkeit in Aussicht gestellt, die Richtigkeit einer solchen Ansicht auch noch auf andere Weise zu bestätigen und Eigenschaften, welche bloß bei einem Theile der Elemente sich finden, auch bis in ihre näheren und entfernteren Verbindungen zu verfolgen.

Wenn man die verschiedenen Elemente vergleicht in Hinsicht der Affinität, welche sie dem Wasser gegenüber aufsern, so zeigt sich dieselbe allerdings nur bei einzelnen und auch da nur unbedeutend. Wo sie indess bisher am deutlichsten auftrat, waren es immer solche Körper, welche dem negativen Ende der elektrischen Spannungsreihe angehören. Es sind namentlich das Chlor und das Brom, welche sowohl durch ihre Auflöslichkeit, als auch dadurch eine bedeutende Affinität zum Wasser zeigen, daß sie mit demselben Hydrate bilden; es löst sich ferner das Jod nicht unbedeutend, sowie denn auch von Berzelius dem frisch bereiteten Boron Löslichkeit zugeschrieben wird. Es lösen sich ferner mehr oder weniger alle nur im gasförmigen

1) Pogg. Ann. Bd. 61, S. 1.

Poggendorff's Annal. Bd. LXXXVIII.

Zustande bekannten Elemente wie Sauerstoff <sup>1)</sup>, Stickstoff und Wasserstoff. Wenn nun auch der erste unbestreitbar, der zweite ebenfalls noch dem negativen Ende der elektrischen Spannungsreihe zugerechnet wird, so sind doch in Betreff des Wasserstoffs die Ansichten getheilt, indem er bald mit Berzelius zu den Metalloiden, bald auch mit Gmelin zu den Metallen gerechnet wird. Der Umstand indeß, daß bei letztern bisher noch keine Affinität zum Wasser constatirt werden konnte, möchte die Anzahl der Gründe, welche für die Ansicht von Berzelius sprechen, noch um einen vermehren.

Die Affinität zum Wasser, welche in einigen Metalloiden nur schwach hervortrat, zeigt sich entschieden deutlicher, wenn dieselben mit einem andern Metalloïd sich verbinden und Säuren werden; und zwar erscheint sie hier nicht bloß als Summe der Affinitäten zweier Componenten, sondern durch die Verbindung selbst gesteigert. Wenn ferner in einigen anderen Metalloïden, sowie in sämmtlichen Metallen eine Affinität zum Wasser noch nicht bemerkt werden konnte, so zeigt sich dieselbe doch mehr oder weniger deutlich, wenn durch die Verbindung mit einem Metalloïd Säuren oder Basen entstehen, sey es nun in der bei Säuren meist größern, bei Basen meist geringern Auflöslichkeit in Wasser, oder in der nicht weniger verschiedenen Fähigkeit, Hydrate zu bilden, oder auch in beidem zugleich.

Daß hier nicht das Metall, sondern vielmehr das Metalloïd die Affinität zum Wasser in die Verbindung gleichsam hineinträgt, ergiebt sich schon durch eine Vergleichung solcher Verbindungen, in welchen ein Metall, selbst ganz ohne nachweisbare Affinität zum Wasser, mit einer wachsenden Menge eines Metalloïds sich verbindet, und die dadurch erzeugte Verbindung eine um so größere Affinität zum Wasser bekundet, in je größerer Menge das Metalloïd

1) Es sey hier bemerkt, daß E. Becquerel, (Pogg. Ann. Bd. 65, S. 461) durch elektrische Versuche geleitet, das Wasserstoffhyperoxyd, dem Chlor- und Bromhydrat entsprechend, als Sauerstoffhydrat betrachtet.

in ihr auftritt <sup>1)</sup>. Man gelangt ebenfalls zu ganz demselben Resultat, wenn man erwägt, daß oft ganze Reihen von Verbindungen eine um so größere Affinität zum Wasser zeigen, je mehr das in ihnen enthaltene Metalloïd sie in freiem Zustande darbot. Schwefel, Sauerstoff und Chlor z. B. unterscheiden sich, was ihre Löslichkeit in Wasser von gleicher Temperatur betrifft, gar nicht unbedeutend. Nun zeigt aber auch die Reihe der sogenannten eigentlichen Metalle ganz deutlich, daß bei fast allen einzelnen Gliedern die Chlorverbindungen sowohl durch die größere Menge des Krystallwassers, als auch durch eine größere Auflöslichkeit von den entsprechenden Sauerstoff- und Schwefelverbindungen unterschieden sind, und daß dieser Unterschied zwischen Sauerstoff- und Schwefelverbindungen selbst, wenn auch nicht so bedeutend, doch in sehr vielen Fällen nicht zu verkennen ist.

Dieser, schon in den Elementen liegende, in ihren binären Verbindungen noch gesteigerte Gegensatz wird sich natürlich auch da äußern, wo letztere zu einem Salze zusammentreten, zumal, wie ich früher <sup>2)</sup> zeigte, Gehalt an Krystallwasser und Auflöslichkeit in Salzen ziemlich neben einander verlaufen.

Ich habe daher im Folgenden eine Reihe von Thatfachen zusammengestellt, welche zeigen sollen, wie in einem Salze die Menge des Krystallwassers mit zunehmendem elektronegativem Bestandtheil wächst, mit zunehmendem elektropositivem Bestandtheil dagegen abnimmt. Es sind die sauren und basischen Salze, welche diese Vergleichung möglich machen. Selbstredend ist indefs, daß die zu vergleichenden Salze nicht bloß willkürlich gesammelt und zusammengestellt werden können, sondern daß hier eine möglichst genaue Auswahl getroffen werden muß. So ist namentlich bei dieser Auswahl ein wesentliches Moment zu berücksichtigen, nämlich der Umstand, daß in sehr vie-

1)  $\text{Cu}_2\text{Cl}$  und  $\text{Cu Cl} + 2\text{aq}$ ;  $\text{Fe Cl} + 4\text{aq}$  und  $\text{Fe}_2\text{Cl}_3 + 12\text{aq}$ ;  $\text{Cu}_2\text{Br}$  und  $\text{Cu Br} + 5\text{aq}$ .

2) Pogg. Ann. Bd. 86, S. 394.

len Salzen der Gehalt an Krystallwasser schon in dem kleinen Temperaturintervall von etwa  $0^{\circ}$  —  $100^{\circ}$  bedeutenden Schwankungen unterliegt und man berechtigt ist, solche Schwankungen in gröfseren Temperaturintervallen auch bei anderen Salzen vorauszusetzen <sup>1)</sup>).

Solche Schwankungen können mitunter wegen ihres nicht gleichartigen Verlaufs zu ganz verschiedenen Resultaten führen. Vergleicht man z. B. das neutrale und das saure schwefelsaure Natron bei der gewöhnlichen Temperatur von  $15^{\circ}$ , so würde man allerdings zu dem Schlusse kommen, dafs es nicht die Säure, sondern die Basis sey, welche das Wasser bindet; vergleicht man aber die beiden Salze bei einer höhern Temperatur, etwa bei  $80^{\circ}$ , so kommt man zu dem entgegengesetzten Schlusse, dafs doch die Säure der Wasserbindende Theil ist. Auffallender Weise haben nun allerdings die meisten der bekannten Salze die Eigenschaft mit einander gemein, dafs sie innerhalb des eben bezeichneten kleinen Temperaturintervalls von  $0$ — $100^{\circ}$  deutlich zeigen, wie wachsender Säuregehalt mit wachsendem Gehalt an Krystallwasser innig verbunden ist, doch findet diess keineswegs bei allen Salzen statt. Will man daher denselben Einfluss der Säure und Base, wie er sich

- 1) Schwankungen im Gehalt an Krystallwasser scheinen in den obigen Temperaturgränzen häufiger aufzutreten, als man gewöhnlich vermuthet. So könnte ich die früher (l. c.) zusammengestellten 26 Salze noch um mehr als 30 andere vermehren, welche sämmtlich dem allgemeinen Gesetze sich unterordnen und eine Thatsache bestätigen, die auch schon aus der früheren Zusammenstellung sich ergibt, die nämlich, dafs jene Schwankungen sich am häufigsten da zeigen, wo von den ähnlichen Salzbasen solche mit niedrigem Atomgewichte auftreten und dafs in den seltenen Fällen, wo Salzbasen mit höherem Atomgewichte auftreten, diese auch mit einer Säure von hohem Atomgewichte verbunden sind. So fand sich damals neben der grofsen Anzahl Natronsalze kein einziges Kalisalz, neben den Salzen der sogenannten eigentlichen Metalle mit niedrigem Atomgewicht kein einziges Silber-, Blei- oder Quecksilbersalz, wogegen andererseits die Unterschwefelsäure selbst in Verbindung mit Baryt oder die Ueberjodsäure in Verbindung mit Silberoxyd oder auch ein Doppelatom Schwefelsäure sogar in Verbindung mit Kali diese Schwankungen zu bewirken vermögen.

in den meisten der bekannteren Salze innerhalb des oben bezeichneten Temperaturintervalls zeigt, auch bei noch anderen Salzen geltend machen, so kann dies nur bei Temperaturen geschehen, die oft die obigen Gränzen weit überschreiten. So z. B. führt das neutrale und saure kohlensaure Natron innerhalb dieser Temperaturgränze nicht zu dem allgemeinen Schlusse, oder, um mich in der Folge eines kürzeren Ausdrucks zu bedienen, beide Salze sind innerhalb dieser Gränze nicht vergleichbar, allein der Umstand, daß das saure Salz während eines Temperaturunterschiedes von  $80^{\circ}$  nichts, das neutrale Salz dagegen nicht weniger als 9 Atome Wasser verloren hat, macht es doch wahrscheinlich, daß bei einer etwas höheren Temperatur diese beiden Curven <sup>1)</sup> sich schneiden, und also auch diese beiden Salze vergleichbar seyn werden.

Wenn daher Salze von verschiedenem Sättigungsgrade eine gleiche Anzahl Wasseratome enthalten, wie z. B.  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{HgCl} + \text{aq}$  und  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $2\text{HgCl} + \text{aq}$ , so kann man, selbst wenn von Schwankungen im Gehalt an Kristallwasser nichts bekannt ist, doch noch keineswegs behaupten, daß bei einer freilich noch unbekannten Temperatur sich der Einfluß der Säure und Basis nicht ebenso geltend machen wird, wie es bei sehr vielen Salzen bei gewöhnlicher Temperatur stattfindet; es ist dieser Schluss selbst da noch anwendbar, wo, wie in dem eben erwähnten Beispiele des neutralen und sauren schwefelsauren Natrons, scheinbar gerade das entgegengesetzte Verhalten auftritt.

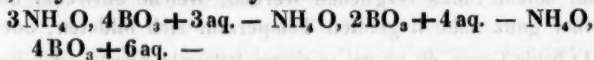
Solche Betrachtungen haben mich beim Entwurfe der folgenden Tabelle geleitet, und können daher in derselben nur solche Salze verglichen werden, welche entweder bei einer ganz nahe liegenden Temperatur sich bildeten, oder

- 1) Solche Curven, die ich mir zu eigenem Gebrauche mitunter construirte, gewähren den großen Vortheil, daß sie nicht bloß dem Gedächtniß eine Stütze darbieten, sondern überdies auch in einem kleinen leicht überschaubaren Raume eine große Mannigfaltigkeit einzelner Erscheinungen darstellen. Was indess ihre Anwendung oft so sehr rüßlich macht, ist die noch so große Unbestimmtheit, welche in den einzelnen Angaben herrscht, daher ich ihrer hier auch nur vorübergehend erwähne.

bei welchen, war die Temperatur ungleich, diese Ungleichheit für die Betrachtung kein Hinderniß abgiebt <sup>1)</sup>). Solche Salze dagegen, bei denen nichts bekannt ist über die Temperatur, welche in ihrem Entstehungsmomente obwaltete, wohin denn auch alle natürlich vorkommenden Salze gehören, konnten hier nicht aufgenommen werden; doch berechtigt Manches auf die wahrscheinliche Temperatur, bei welcher sie sich bildeten, zu schliessen. Uebrigens macht die folgende Tabelle keineswegs darauf Anspruch, alle vergleichbaren Salze zu enthalten; sie enthält eben nur solche Salze, welchen ich zufällig bei meiner Lectüre begegnete; sie enthält hin und wieder auch Salze mit organischen Säuren, welche bloß den Zweck haben, zu zeigen, daß auch hier zwischen anorganischen und organischen Verbindungen kein wesentlicher Unterschied besteht. Auch habe ich, um das Dilemma der Wasserstoff- und Sauerstoffsäurentheorie zu vermeiden, die sogenannten Haloïdsalze nicht berücksichtigt, indem ich sie, den Oxyden gleich, als Basen betrachtete, und hin und wieder als einfache Salze solche anführte, welche mitunter wohl als Doppelsalze angesehen werden; denn ebensogut wie der Sauerstoff Sauerstoffsalze bildet, kann auch das Chlor Chlorsalze oder das Brom Bromsalze bilden und diesen entsprechend jedes andere Metalloïd. Es sind ferner in der folgenden Zusammenstellung die verschiedenen Ansichten über Constitution einiger Salze und Säuren nicht berücksichtigt worden, sondern lediglich das Resultat der Analyse.

I. Salze, welche innerhalb des Temperaturintervalls von etwa  $0^{\circ}$  —  $100^{\circ}$  vergleichbar sind.

a) Krystallisirte oder krystallinische Salze.



- 1) Es sind z. B. zwei Salze immer noch vergleichbar, von denen das eine bei gewöhnlicher, das andere dagegen bei einer viel höheren Temperatur krystallisirte, wenn letzteres das saure, das mit größerem Wassergehalt ist. Wenn nämlich in letzterem noch bei einer höheren Temperatur der Wassergehalt der größere ist, so ist er bei einer dem ersten Salze entsprechenden niedrigeren Temperatur wenigstens ebenso groß, wenn nicht noch größer.

$2\text{NH}_4\text{O}, \text{cPO}_5 + \text{aq.} - \text{NH}_4\text{O}, \text{cPO}_5 + 2\text{aq.} -$   
 $2\text{NH}_4\text{O}, \text{AsO}_5 + \text{aq.} - \text{NH}_4\text{O}, \text{AsO}_5 + \text{aq.} -$   
 $\text{KO}, 2\text{BO}_3 + 5\text{aq.} - \text{KO}, 3\text{BO}_3 + 8\text{aq.} - \text{KO}, 6\text{BO}_3$   
 $+ 10\text{aq.} -$   
 $3\text{KO}, \text{cPO}_5 - 2\text{KO}, \text{cPO}_5 + \text{aq.} - \text{KO}, \text{cPO}_5 +$   
 $2\text{aq.} -$   
 $\text{KO}, \text{SO}_3 - \text{KO}, 2\text{SO}_3 + \text{aq.} -$   
 $\text{KO}, \text{C}_2\text{O}_3 + 2\text{aq.} - \text{KO}, 2\text{C}_2\text{O}_3 + 3\text{aq.} -$   
 $2\text{KO}, \text{C}_{12}\text{H}_5\text{O}_{14} + \text{aq.} - \text{KO}, \text{C}_{12}\text{H}_5\text{O}_{14} + 3\text{aq.} -$   
 $\text{NaO}, \text{BO}_3 + 8\text{aq.} - \text{NaO}, 2\text{BO}_3 + 10\text{aq.} -$   
 $\text{NaO}, \text{SO}_3 - \text{NaO}, 2\text{SO}_3 + \text{aq.} -$   
 $\text{NaO}, \text{WO}_3 + 2\text{aq.} - \text{NaO}, 2\text{WO}_3 + 4\text{aq.} -$   
 $2(\text{LiO}, \text{C}_2\text{O}_3) + \text{aq.} - \text{LiO}, 2\text{C}_2\text{O}_3 + 3\text{aq.} -$   
 $\text{MgO}, 3\text{BO}_3 + 8\text{aq.} - \text{MgO}, 6\text{BO}_3 + 18\text{aq.} -$   
 $3\text{CaO}, \text{cPO}_5 - 2\text{CaO}, \text{cPO}_5 + 4\text{aq.} -$   
 $2\text{BaO}, \text{PO}_3 + 2\text{aq.} - 2(\text{BaO}, \text{PO}_3) + 5\text{aq.} -$   
 $\text{Bi}_2\text{O}_3, \text{NO}_5 + \text{aq.} - \text{Bi}_2\text{O}_3, 3\text{NO}_5 + 9\text{aq.} -$   
 $3\text{ZnO}, \text{cPO}_5 + 2\text{aq.} - 2\text{ZnO}, \text{cPO}_5 + 3\text{aq.} -$   
 $2\text{Hg}_2\text{O}, \text{NO}_5 + \text{aq.} - \text{Hg}_2\text{O}, \text{NO}_5 + 2\text{aq.} -$   
 $\text{KCl}, \text{HgCl} + \text{aq.} - \text{KCl}, 2\text{HgCl} + 2\text{aq.} - \text{KCl},$   
 $4\text{HgCl} + 4\text{aq.}$

$\text{CaCl}, 2\text{HgCl} + 6\text{aq.} - \text{CaCl}, 5\text{HgCl} + 8\text{aq.} -$

b) Salze, bei welchen eins oder mehrere scheinbar nicht krystallinisch sind.

$\text{KO}, \text{SbO}_5 + 5\text{aq.} - \text{KO}, 2\text{SbO}_5 + 6\text{aq.} -$   
 $\text{NaO}, \text{TeO}_3 + 2\text{aq.} - \text{NaO}, 2\text{TeO}_3 + 4\text{aq.} -$   
 $3\text{BaO}, \text{cPO}_5 - 2\text{BaO}, \text{cPO}_5 + \text{aq.} - \text{BaO}, \text{cPO}_5$   
 $+ 2\text{aq.} -$   
 $\text{BaO}, \text{WO}_3 - \text{BaO}, 2\text{WO}_3 + 5\text{aq.} -$   
 $\text{SrO}, \text{WO}_3 - \text{SrO}, 2\text{WO}_3 + 4\text{aq.} -$   
 $3\text{MgO}, \text{cPO}_5 + 5\text{aq.} - 2\text{MgO}, \text{cPO}_5 + 7\text{aq.} -$   
 $2\text{UO}, \text{SO}_3 + 3\text{aq.} - \text{UO}, \text{SO}_3 + 4\text{aq.} -$   
 $\text{MnO}, \text{WO}_3 + 2\text{aq.} - \text{MnO}, 2\text{WO}_3 + 3\text{aq.} -$   
 $8\text{ZnO}, \text{NO}_5 + 4\text{aq.} - \text{ZnO}, \text{NO}_5 + 6\text{aq.} -$   
 $6\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{SO}_3 + 10\text{aq.} - 6\text{Fe}_2\text{O}_3, 3\text{SO}_3 + 18\text{aq.} -$   
 $3\text{Fe}_2\text{O}_3, 5\text{JO}_5 + 15\text{aq.} - 3\text{Fe}_2\text{O}_3, 6\text{JO}_5 + 24\text{aq.} -$   
 $4\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{AsO}_3 + 5\text{aq.} - 2\text{Fe}_2\text{O}_3, 3\text{AsO}_3 + 7\text{aq.} -$

$6\text{CoO}, \text{NO}_3 + 5\text{aq.} - \text{CoO}, \text{NO}_3 + 6\text{aq.} -$   
 $\text{CoO}, \text{WO}_3 + 2\text{aq.} - \text{CoO}, 2\text{WO}_3 + 3\text{aq.} -$   
 $4\text{CuO}, \text{SO}_3 + 4\text{aq.} - \text{CuO}, \text{SO}_3 + 5\text{aq.} -$   
 $3\text{CuO}, \text{NO}_3 + \text{aq.} - \text{CuO}, \text{NO}_3 + 6\text{aq.} -$   
 $\text{CuO}, \text{WO}_3 + 2\text{aq.} - \text{CuO}, 2\text{WO}_3 + 4\text{aq.} -$   
 $3\text{HgO}, \text{NO}_3 + \text{aq.} - 2\text{HgO}, \text{NO}_3 + 2\text{aq.} -$   
 $\text{Bi}_2\text{O}_3, \text{SO}_3 + 2\text{aq.} - \text{Bi}_2\text{O}_3, 2\text{SO}_3 + 3\text{aq.} -$   
 $\text{ZnCl}, 3\text{ZnO} + 2\text{aq.} - \text{ZnCl}, 6\text{ZnO} + 6\text{aq.} -$   
 $\text{CuCl}, 3\text{CuO} + 4\text{aq.} - \text{CuCl}, 4\text{CuO} + 6\text{aq.} -$

II. Salze, von denen einige bestimmt, andere wahrscheinlich nicht in dem obigen Temperaturintervall vergleichbar sind,

a) Krystallisirte oder krystallinische Salze.

$\text{KO}, \text{CO}_2 + 2\text{aq.} - \text{KO}, 2\text{CO}_2 + \text{aq.} -$   
 $\text{KO}, \text{WO}_3 + 5\text{aq.} - \text{KO}, 2\text{WO}_3 + 2\text{aq.} -$   
 $\text{KO}, \text{TeO}_3 + 5\text{aq.} - \text{KO}, 2\text{TeO}_3 + 4\text{aq.} -$   
 $\text{NaO}, \text{CO}_2 + \text{aq.} - \text{NaO}, 2\text{CO}_2 + \text{aq.} -$   
 $2\text{NaO}, \text{cPO}_5 + 25\text{aq.} - \text{NaO}, \text{cPO}_5 + 4\text{aq.} -$   
 $2\text{NaO}, \text{JO}_7 + 3\text{aq.} - \text{NaO}, \text{JO}_7 -$   
 $2\text{NaO}, \text{AsO}_5 + 25\text{aq.} - \text{NaO}, \text{AsO}_5 + 4\text{aq.} -$   
 $4\text{PbO}, \text{NO}_3 + 2\text{aq.} - 2\text{PbO}, \text{NO}_3 + \text{aq.} -$

b) Salze, bei welchen eins oder mehrere scheinbar nicht krystallinisch sind.

$\text{CdO}, \text{WO}_3 + 2\text{aq.} - \text{CdO}, 2\text{WO}_3 -$   
 $\text{NiO}, \text{WO}_3 + 6\text{aq.} - \text{NiO}, 2\text{WO}_3 + 4\text{aq.} -$   
 $\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{cPO}_5 + 5\text{aq.} - 3\text{Fe}_2\text{O}_3, 2\text{cPO}_5 + 16\text{aq.} -$

In der vorhergehenden Tabelle wurden neben den eigentlichen Salzen hin und wieder auch solche angeführt, bei welchen man billig ansetzt, ob sie als wirkliche basische Salze, oder vielmehr, ihrer Entstehungsweise entsprechend, als mechanische Gemenge eines basischen Salzes mit mehr Basis anzusehen sind. Es konnten dieselben nicht füglich übergangen werden, weil es so sehr schwer ist, hier eine bestimmte Gränze zu ziehen. Ferner wurden die verschiedenen Salze so geschrieben, dafs sie nicht weiter theilbar sind, dafs sie mithin als blofs aus einem Salzatom beste-

hend erscheinen, Formeln, welche man für dieselben gewöhnlich in der chemischen Literatur angegeben findet.

Neben dieser Art der Vergleichung können indess noch zwei andere durchgeführt werden, von denen die eine immer nur solche Salze betrachtet, welche eine gleiche Anzahl basischer Atome, die andere dagegen nur solche Salze, welche eine gleiche Anzahl saurer Atome besitzen. Letztere beide sind von der ersteren dadurch wesentlich unterschieden, daß sie, von der Ansicht einer bloßen Substitution ausgehend, die verschiedene Wirkung anzeigen, welche dadurch resultirt, daß zu einem Salzatom entweder wieder ein Salzatom oder nur ein Theil desselben, sey es nun die Base oder die Säure, hinzugefügt wird.

Wenn man nun die vorhergehende Tabelle so umschreibt, daß bei den zu vergleichenden Salzen die Anzahl der basischen Atome eine gleiche ist, so kann der einzige Unterschied zwischen einer solchen und der eben angeführten Tabelle nur darin bestehen, daß da, wo basische Salze mit neutralen oder sauren verglichen wurden, der größere Gehalt an Krystallwasser bei letztern noch deutlicher wird und dadurch mitunter wohl zwei vergleichbare Salze aus II in I hinübertreten. Ein entgegengesetztes Verhalten ist hier nicht möglich. Versucht man indess dieselbe Tabelle so umzuschreiben, daß unter den zu vergleichenden Salzen die Anzahl der Säureatome stets dieselbe ist, so zeigt sich dabei nie, daß zwei vergleichbare Salze aus II in I hinübertreten, wohl aber zeigt sich sehr häufig ein entgegengesetztes Verhalten.

Was diesem so verschiedenen Verhalten eigentlich zu Grunde liegt, bleibt einstweilen unentschieden; doch möchte ich noch darauf hinweisen, wie manche Beziehungen die erste Vergleichungsart, bei welcher nämlich die einfachen Atome betrachtet wurden, zu einer andern hat, die ich schon in einer frühern Arbeit<sup>1)</sup> durchführte.

Es zeigten sich damals gewisse Körpergruppen, und zwar sowohl unter den elektropositiven als auch unter den

1) Pogg. Ann. Bd. 86, S. 375.

elektronegativen Körpern, deren Glieder in einem Salze sich gegenseitig ersetzend, nur den reinen Effect der Massenwirkung zeigten. Wenn z. B. der nicht unbedeutende Wassergehalt der schwefelsauren Magnesia sich in dem Maasse vermindert, als Magnesia durch andere Körper wie Kalk, Strontian oder Baryt ersetzt wird, welche wegen ihres höhern Atomgewichts nothwendiger Weise mit einer größern Masse in die Verbindung eingehen müssen, oder wenn das gewöhnliche schwefelsaure Eisenoxydul in dem Maasse Wasser verliert, als an die Stelle des Eisens nach und nach Kupfer, oder Silber oder Blei eintreten, so ist dieses Verhältniß ganz ebenso, als ob in der ersten der hier erwähnten Vergleichungsarten immer basischere Magnesia- oder Eisenoxydulsalze dargestellt worden wären; oder wenn in einem andern ganz ähnlichen Falle der Nullpunkt des Chlornatriums in dem Maasse erhöht wird, in welchem ganz ähnliche elektronegative Bestandtheile mit nur stets wachsendem Atomgewicht in die Verbindung eintreten, im vorliegenden Falle z. B. Brom und Jod, so ist der Effect ganz ebenso, als wenn stets saurere Chlornatriumverbindungen gebildet würden. Es ist diese in Bezug auf Wassergehalt so gleichartige Massenwirkung, welche die einzelnen Glieder dieser Körpergruppen einerseits so innig mit einander verbindet, andererseits aber auch sie wieder strenge von denen anderer Körpergruppen unterscheidet. So z. B. wäre es nicht durchführbar, eins der sogenannten eigentlichen Metalle in jeder Hinsicht der Alkalireihe beizufügen.

Ob die einzelnen Glieder der vorerwähnten Körpergruppen sich in Bezug auf den Wassergehalt dynamisch ganz gleich verhalten, ob ein Massentheil des einen bei derselben oder doch naheliegender Temperatur ganz dieselbe Wirkung äufsert, als ein Massentheil des andern, ob also in Bezug auf Massenwirkung dieselben sich ebenso vertreten, wie isomorphe Körper in räumlicher Hinsicht, ist allerdings wahrscheinlich, doch schwer zu entscheiden. Es möchten sich indeß wohl Salze finden, welche für diese Ansicht sprechen. Die beiden hier folgenden Salze sind

wohl geeignet, zu zeigen, daß eine solche Vermuthung wohl nicht ganz ungegründet ist.

Laurent.	Payen.
KO = 21,11	NaO = 21,25
3BO <sub>3</sub> = 46,69	2BO <sub>3</sub> = 47,89
8aq = 32,20	5aq = 30,86

Diese beiden Salze haben eine fast gleiche procentische Zusammensetzung und unterscheiden sich lediglich nur dadurch, daß der Kaligehalt des einen durch eine fast gleich große Masse Natron im andern ersetzt ist. Das Natronsalz bildet sich bei einer Temperatur von 56° — 79° C. Ob das Kalisalz bei einer nahe gleichen Temperatur sich bildete, ist nicht bestimmt angegeben, jedoch wird es dem Vorhergehenden (S. 340 Anmerkung) zufolge als Kalisalz nur in verhältnißmäßig großen Temperaturintervallen Schwankungen im Gehalt an Krystallwasser zeigen, und ist daher wohl Grund vorhanden, daß auch bei einer dem Natronsalze entsprechenden Temperatur die procentische Zusammensetzung immer noch dieselbe ist. Daß Salze, wie die eben erwähnten, immer nur eine seltene Erscheinung sind, ist darin begründet, daß einerseits in den mehrmals erwähnten Körpergruppen die Atomgewichte der einzelnen Glieder nur selten einfache Zahlenverhältnisse darbieten, und daß andererseits ein Salz um so schwieriger darstellbar ist, je weniger Säure und Base in einfachem Verhältnisse stehen. Dagegen konnte ich zwei andere, den oben erwähnten entsprechende Salze, in denen Basen aus verschiedenen Körpergruppen auftreten, bisher nirgendwo auffinden, und ist es auch gar nicht denkbar, daß unter gleichen Temperaturverhältnissen sich zwei solche Salze bilden können.

Um das Vorangehende in wenigen Worten wiederzugeben, so ist es die schon in den Elementen liegende verschiedene Affinität zum Wasser, welche, in ihren binären Verbindungen noch gesteigert, als eine der Hauptursachen des in den Salzen auftretenden größeren oder geringeren Wassergehaltes anzusehen ist. Veränderungen im Gehalte

des letzteren, bald hervorgebracht durch eine bloß einseitige Aufnahme derselben Atome, wie in den sauren und basischen Salzen, bald auch durch den Austausch gegen ein anderes in vielen Eigenschaften ähnliches Atom, welches nur in Folge seines verschiedenen Gewichts mit einer gröfsern oder geringern Masse eintreten mufs, alle solche Veränderungen werden überdies noch modificirt durch die Temperatur, welche bei diesen Vorgängen obwaltete. Die Menge des Krystallwassers erscheint demnach als Resultante verschiedener Momente <sup>1)</sup>, von denen eines durch das andere bald gesteigert, bald auch theilweise oder ganz compensirt werden kann. Bei dieser Compensation erschienen in den meisten der bekannteren Salze als einander gleichwirkende Momente einerseits gesteigerte Temperatur und gesteigerter Gehalt an Basis, andererseits verminderte Temperatur und gesteigerter Gehalt an Säure. Der Umstand, dafs eine Vertretung dieser einzelnen Momente in einigen anderen Salzen ein entgegengesetztes Resultat verursacht, führte zu der Annahme, es gebe eine Temperatur, welche diesen Uebergang zu ganz entgegengesetztem Verhalten bezeichne und müsse dieselbe verschieden seyn für die verschiedenen Salze; eine Annahme, welche auch durch verschiedene Thatsachen wahrscheinlich gemacht wurde.

- 1) Man kann den vorhergehenden sogar noch ein Moment hinzufügen, welches, wenn auch weniger häufig beobachtet, doch hin und wieder mit Bestimmtheit nachgewiesen ist, nämlich den Einfluss, welchen der Concentrationsgrad einer Flüssigkeit bei sonst gleichbleibenden Verhältnissen auf das daraus sich absetzende Salz äufsert. Ein solcher Einfluss des Concentrationsgrades wurde z. B. beobachtet bei  $\text{Fe}_2\text{Cl}_3$ , dem Doppelsalze  $\text{NaO SO}_3 + \text{MnO SO}_3$ , sowie bei  $2\text{MgO}$ ,  $\text{PO}_3$ ,  $\text{NaO BO}_3$  und  $\text{LiCl}$ .

## II. Die Grundzüge eines thermochemischen Systems; von Julius Thomsen,

Assistenten am chemischen Laboratorium der polytechnischen Lehranstalt  
zu Copenhagen.

### 1. Entwicklung der allgemeinen Begriffe.

#### §. 1.

*Die Intensität der chemischen Kraft ist in demselben Körper bei unveränderter Temperatur dieselbe.*

Wenn die Intensität der chemischen Kraft sich aus irgend einem Grunde verringert, wodurch also der Körper in thermochemischer Beziehung ein anderer wird, so entwickelt sich eine grössere oder geringere Menge der Kraft. Die Grösse der so entwickelten Kraft können wir nach einem absoluten Maasse bestimmen; sie ist die durch den Proceß entbundene Wärme.

Die chemische Kraft kann, indem sie sich entbindet, verschiedene Charaktere annehmen; sie tritt bald hervor als Wärme, bald als Elektrizität u. s. w. Die Umstände, unter welchen die Entbindung zu Stande kommt, bestimmen die Form, in welcher die chemische Kraft auftreten wird.

Es verhält sich hier wie bei der Entbindung von Elektrizität durch Reibung. Isoliren wir die ganze Elektrisirmaschine, so tritt die gehemmte Wirkung der Reibung hervor als eine Erwärmung der geriebenen Theile. Vereinigen wir aber mittelst eines Leiters die beiden Conductoren oder setzen wir sie beide in leitende Verbindung mit der Erde, dann beginnt ein elektrischer Strom; ein Theil der Wärme, welche sich sonst in den geriebenen Theilen entwickeln würde, tritt jetzt hervor als Elektrizität. Die Wärme der Maschine erhält in der gegebenen Zeit einen geringeren Zuwachs, ein Theil derselben durchströmt die Leiter als Elektrizität und entbindet dort die der Maschine geraubte Wärme.

Gießen wir verdünnte Schwefelsäure in ein Glas und legen darin einen Zinkstreifen, so tritt die ganze freiwerdende chemische Kraft hervor als Wärme. Gießen wir aber die Säure in ein leitendes Gefäß, setzen dieses auf die Erde und vereinigen das Zink durch einen leitenden Draht gleichfalls mit der Erde, so entsteht ein elektrischer Strom; ein Theil der durch die chemische Wirkung entbundenen Kraft durchströmt als Elektrizität die Leiter und entbindet darin eine ihr entsprechende Quantität Wärme.

## §. 2.

*Die ganze durch eine chemische Wirkung erzeugte Wärmemenge ist also ein Maass für die durch den Proceß entbundene chemische Kraft.*

Als Einheit für die entwickelte Wärme setzen wir die Quantität, welche erforderlich ist, um eine Menge Wasser gleich dem Gewichte eines Aequivalents Sauerstoff um einen Grad Celsius zu erhöhen. Setzen wir also das Aequivalent des Sauerstoffs = 1 Grm., so ist unsere *Wärmeeinheit* = 1 Grm. Wasser um 1° C. erwärmt; diese GröÙe wollen wir durch 1° bezeichnen.

## §. 3.

Denken wir uns die Intensität (i) der chemischen Kraft eines Stoffs von i bis  $\frac{i}{\infty}$  verringert und die ganze dadurch entwickelte Kraft auf Wärmeeinheiten reducirt und für das Aequivalent des Stoffes berechnet, so erhalten wir einen Ausdruck für die GröÙe der chemischen Kraft des Aequivalents. Diese GröÙe benennen wir das *thermodynamic Aequivalent* des Stoffes und bezeichnen es der Kürze halber durch th. dyn. Aeq.

Körper mit gleichem th. dyn. Aeq. benennen wir *isodynam*, mit ungleichem th. dyn. Aeq. *heterodynam*.

Für denselben Körper ist also das th. dyn. Aeq. stets dasselbe, und die *isomeren* Körper sind in thermochemischer Beziehung als verschiedene zu betrachten, weil sie, obgleich mit unveränderter chemischer Zusammensetzung, ein verschiedenes th. dyn. Aeq. besitzen. Das Nähere über

diesen Körper wird Gegenstand einer folgenden Abhandlung seyn.

#### §. 4.

Die GröÙe der Wärmetönung<sup>1)</sup> bei Bildung einer Verbindung ist eine Function der th. dyn. Aeq. der Bestandtheile und der Verbindung; sie ist nämlich die Differenz zwischen der Summe der th. dyn. Aeq. der Bestandtheile und dem th. dyn. Aeq. der Verbindung; oder

$$w = x + x' + x'' + \dots - r \dots (1)$$

indem  $x, x', x'' \dots$  die th. dyn. Aeq. der Bestandtheile, und  $r$  das der Verbindung bezeichnet.

Aus (1) folgt nun

$$-w = r - (x + x' + x'' + \dots) \dots (2)$$

oder: die Wärmetönung bei der Decomposition einer Verbindung ist gleich groß aber entgegengesetzt der, welche bei der Bildung der Verbindung entsteht. Dieser letzte Satz ist schon von Lavoisier und Laplace ausgesprochen worden, und die Richtigkeit des Satzes durch Versuche von Andrews und Hefs in der neueren Zeit bewiesen. Detsungeachtet schreibt Th. Woods<sup>2)</sup>: »die Zersetzung einer Verbindung erzeugt so viel Kälte, als die Vereinigung ihrer Elemente Wärme hervorbrachte« und fügt hinzu: »diese neue Idee habe ich noch in keinem chemischen Werke angetroffen. Ich glaube, man wird sie für wichtig halten etc.

#### §. 5.

Um die thermochemischen Wirkungen bequem andeuten zu können, ist eine eigene Bezeichnung nothwendig. Der nachstehenden Bezeichnung habe ich mich bei meiner Arbeit in den letzten Jahren bedient; sie ist die nämliche, welche ich in der Naturforscherversammlung zu Stockholm im Jahre 1851 vorgeschlagen habe.

Die Wärmetönung bei der Bildung einer Verbindung

1) Es sey mir erlaubt das Wort »Wärmetönung« zu gebrauchen, um gleichzeitig Wärmeentwicklung und Wärmeabsorption zu bezeichnen.

1) Erdm. Journ. 2te Reihe LV, S. 93.

$X^a Y^b Z^c \dots$  aus ihren Bestandtheilen  $aX$ ,  $bY$ ,  $cZ \dots$  wird folgendermaßen bezeichnet:

$$w = (X^a, Y^b, Z^c \dots) \dots (3).$$

Es bezeichnet z. B.

$$w = (PbS, O^4)$$

die Wärmetönung bei der Bildung eines Aequivalents des schwefelsauren Bleioxyds aus seinen Elementen.

Die Verbindung  $X^a Y^b Z^c$  können wir aber auch aus  $X^a Y^b$  und  $Z^c$  oder aus  $X^a$  und  $Y^b Z^c$  oder aus  $X^a Y^d$  und  $Y^{b-d} Z^c$  gebildet denken; in diesem Falle wird also die Bezeichnung folgendermaßen:

$$(X^a Y^b, Z^c) \text{ oder } (Y^a, Y^b Z^c) \text{ oder } (X^a Y^d, Y^{b-d} Z^c) \quad (4)$$

indem das Comma die respectiven Bestandtheile scheidet, und die Parenthesen die ganze Anzahl Stoffe sammelt, welche nach der Vereinigung ein Ganzes bilden.

Es bezeichnet z. B.

$$(PbS, O^4), (Pb, SO^4), (\dot{P}b, \ddot{S}) \text{ und } (\ddot{P}b, \ddot{S})$$

die Wärmetönung, welche entsteht, wenn ein Aequivalent schwefelsaures Bleioxyd gebildet wird durch Oxydation des Schwefelbleis, durch Vereinigung des Bleis mit der hypothetischen Radicale  $SO^4$ , des Bleioxyds mit wasserfreier Schwefelsäure oder endlich des Bleisuperoxyds mit schwefliger Säure.

Der Formel (2) zufolge ist die Wärmetönung bei der Zerlegung der Verbindung  $X^a Y^b Z^c$  in ihre Bestandtheile  $X^a$ ,  $Y^b$  und  $Z^c$  oder in  $X^a Y^b$  und  $Z^c$  folgendermaßen auszudrücken, nämlich

$$\begin{array}{l} \text{im ersten Falle } w = -(X^a, Y^b, Z^c) \\ \text{im zweiten Falle } w' = -(X^a Y^b, Z^c) \end{array} \quad (5).$$

Wenn eine Verbindung  $X^a Y^b$  durch  $Z^c$  in  $X^a Z^c$  und  $Y^b$  zerlegt wird, so ist die Wärmetönung bei dieser *einfachen Zersetzung*

$$w = (X^a, Z^c) - (X^a, Y^b) \dots (6).$$

Für die Reduction des Kupferoxyds und des Eisenoxyds durch Wasserstoff ist also die Bezeichnung folgende:

$$w =$$

$$w = (H, O) - (Cu, O)$$

$$w' = 3(H, O) - (Fe^2, O^3).$$

Bei *doppelten Zersetzungen*, wo aus zwei Verbindungen,  $X^a Y^b$  und  $Z^c V^d$ , zwei neue z. B.  $X^a Z^c$  und  $Y^b V^d$  gebildet werden, ist die Wärmetönung:

$$w = (X^a, Z^c) + (Y^b, V^d) - (X^a, Y^b) - (Z^c, V^d) \quad (7)$$

z. B. für die Decomposition des Bleioxyds durch Schwefelwasserstoff ist die Formel

$$w = (Pb, S) + (H, O) - (Pb, O) - (H, S).$$

Der Formel (4) zufolge bezeichnet  $(X^a Y^b Z^c, H^d)$  die Wärmetönung bei der Verbindung von  $X^a Y^b Z^c$  mit  $d$  Aeq. Wasser. Um aber die durch vollständige Lösung in Wasser hervortretende Wirkung zu bezeichnen, schreibt man

$$w = (X^a Y^b Z^c, Aq) \dots (8).$$

Der Werth ist bald positiv, bald negativ. Es entwickelt sich z. B. durch Verdünnung des Schwefelsäurehydrats  $\ddot{H}\ddot{S}$ , mit Wasser 1084° pro Aeq. Schwefelsäure, also

$$(\ddot{H}\ddot{S}, Aq) = 1084^\circ$$

Durch Auflösung des unterschwefelsauren Baryts wird dagegen, wie es bei den meisten Salzen der Fall ist, Wärme absorbirt, nämlich

$$(\ddot{B}a\ddot{S}^2 \ddot{H}^2, Aq) = -419^\circ.$$

Die Formel (8) ist also ein Ausdruck für die *Lösungswärme* der Körper mit Rücksicht auf Wasser.

Während  $(Na, \ddot{S})$  die durch Vereinigung des wasserfreien Natrons mit wasserfreier Schwefelsäure entwickelte Wärme ausdrückt, bezeichnet

$$(Na Aq, \ddot{S} Aq) \dots (9)$$

die durch Neutralisation des in Wasser gelösten Natrons mittelst verdünnter Schwefelsäure entwickelte Wärme. Durch Aq bezeichnen wir stets eine so große Menge Wasser, das keine thermische Wirkung bei fortgesetzter Verdünnung eintritt.

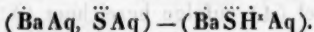
Um die *Hydrate*, welche gebildet werden, wenn Körper aus ihren wässerigen Auflösungen niedergeschlagen

werden, zu bezeichnen, dient die Hinzufügung eines  $\dot{H}$  zur Formel. Es bezeichnet demnach

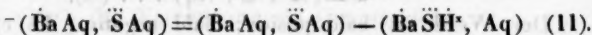


die Zusammensetzung des Eisenoxydhydrats, welches auf nassem Wege dargestellt wird.

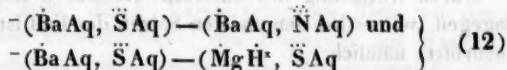
Neutralisirt man Schwefelsäure mit Barytwasser, so ist die Wärmeentwicklung eine Function zweier Gröfsen; sie rührt nämlich theils von der Neutralisation, theils von dem Niederschlagen des Salzes her, sie ist nämlich



Indem die Bezeichnung (9) stets voraussetzt, dafs die Verbindung gelöst bleibe. Der Kürze halber bezeichne ich diese Differenz durch  $-(\dot{Ba} Aq, \ddot{S} Aq)$ ; es ist also

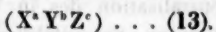


Analog mit den Formeln (6) und (7) sind auch die auf nassem Wege entstandenen einfachen und doppelten Zersetzungen in ihre einzelnen Glieder zu zerlegen. Es bezeichnet also



respective die durch Zersetzung des salpetersauren Baryts mittelst Schwefelsäure entstandene Wärmetönung, und die durch Zersetzung der schwefelsauren Magnesia mittelst Barytwasser. Die Bezeichnung für die doppelte Zersetzung ist analog damit.

Das *thermodynamische Aequivalent* eines Körpers wird bezeichnet, indem man seine Formel in eine Parenthese einschliesst; für den Körper  $X^{\cdot} Y^{\cdot} Z^{\cdot}$  ist es also



Es bedeutet demnach



das th. dyn. Aeq. des Bleis, des Bleioxydhydrats und des salpetersauren Bleioxyds.

Die hier angeführten Bezeichnungen werden hinlänglich

seyn, um mit Leichtigkeit die verschiedenen Verhältnisse auszudrücken.

### §. 6.

Der Formel (1) zufolge hat man also folgende Relation:

$$(X^a, Y^b, Z^c \dots) = a(X) + b(Y) + c(Z) + \dots - (X^a Y^b Z^c) \quad (14).$$

Ist also die Summe des th. dyn. Aeq. der Bestandtheile der zu bildenden Verbindung gröfser als das th. dyn. Aeq. der Verbindung, so ist die Bildung der Verbindung von einer Wärmeentwicklung begleitet, im entgegengesetzten Falle tritt eine Absorption von Wärme ein.

Es ist z. B.

$$(K, Cl) = (K) + (Cl) - (KCl) = 13528^\circ$$

$$(KCl, O^6) = (KCl) + 6(O) - (K\ddot{C}l) = -1200^\circ$$

also ist die Bildung des Chlorcalciums von einer Wärmeentwicklung begleitet; dagegen würde die Oxydation des Chlorcalciums zu chlorsaurem Kali mit einer Wärmeabsorption verbunden seyn.

### §. 7.

Es sey die Verbindung  $P^a Q^b R^c S^d$  aus ihren Bestandtheilen successive gebildet, indem z. B. erst  $P^a$  mit  $Q^b$  und  $R^c$  mit  $S^d$ , dann diese beiden Körper,  $P^a Q^b$  und  $R^c S^d$ , mit einander vereinigt worden wären, — es fragt sich nun, in welchem Verhältnisse steht die dadurch successive entwickelte Wärme zu der, welche resultiren würde, wenn die Verbindung auf einmal aus ihren Bestandtheilen gebildet worden wäre?

Der Formel (14) zufolge ist:

$$(P^a, Q^b) = a(P) + b(Q) - (P^a Q^b)$$

$$(R^c, S^d) = c(R) + d(S) - (R^c S^d)$$

$$(P^a Q^b, R^c S^d) = (P^a Q^b) + (R^c S^d) - (P^a Q^b R^c S^d)$$

durch Addition dieser drei Gleichungen wird erhalten

$$(P^a, Q^b) + (R^c, S^d) + (P^a Q^b, R^c S^d) = a(P) + b(Q) + c(R)$$

$$+ d(S) - (P^a Q^b R^c S^d).$$

Nun ist aber auch der Formel (14) zufolge

$$(P^a, Q^b, R^c, S^d) = a(P) + b(Q) + c(R) + d(S) - (P^a Q^b R^c S^d),$$

Also haben wir die Relation

$$(P^a, Q^b) + (R^c, S^d) + (P^a Q^b, R^c S^d) = (P^a, Q^b, R^c, S^d) \quad (15)$$

oder: *Die resultirende Wärme ist stets dieselbe, man mag die Verbindung successive oder auf einmal aus ihren Bestandtheilen bilden.* Denselben Satz hat Hefs <sup>1)</sup> schon früher auf experimentellem Wege gefunden; er läßt sich auf alle Fälle ausdehnen und ist eine Folge der Unveränderlichkeit der thermodynamen Aequivalente

## II. Isodynamie.

### §. 8.

*Isodyname Körper sind solche, welche ein gleiches thermodynames Aequivalent besitzen.*

Für eine Reihe isodynamer Körper zusammengesetzt nach der Formel

$$X_n^a Y^b Z^c \dots$$

ist die Wärmetönung bei Bildung der Verbindung zufolge der Formel (14)

$$W_n = (X_n^a, Y^b, Z^c \dots) = a(X_n) + b(Y) + c(Z) + \dots - r \quad (16)$$

indem  $r$  das th. dyn. Aeq. der Verbindung bezeichnet. In dieser Formel sind  $Y, Z, a, b, c$  und  $r$  constante Größen,  $X_n$  aber variabel, indem verschiedene Körper in dieses Glied der Formel eintreten können.

Die Differenz zwischen der Bildungswärme zweier Glieder der gedachten Reihe, z. B.  $W_n$  und  $W_m$  ist dann

$$W_n - W_m = (X_n^a, Y^b, Z^c \dots) - (X_m^a, Y^b, Z^c \dots) = a[(X_n) - (X_m)] \quad (17)$$

oder: *Die Differenz zwischen der Wärmetönung bei der Bildung zweier isodynamen Verbindungen, deren chemische Formel dieselbe ist, ist gleich der Differenz zwischen den th. dyn. Aeq. der vicarirenden Körper, multiplicirt mit der Zahl, welche die Anzahl der Aequivalente dieser bezeichnet.*

Combiniren wir die gedachte Reihe isodynamer Körper  $X_n^a Y^b Z^c \dots$  mit einer anderen Reihe ebenfalls unter

1) Pogg. Ann. Bd. L. S. 392.

sich isodynamer Körper, z. B.  $X_a Y_b Z_c$ , deren th. dyn. Aeq.  $r'$  sey, und deren Bildungswärme also folgende ist.

$W_a = (X_a, Y_b, Z_c \dots) = a(X_a) + b(Y_b) + c(Z_c) + \dots - r'$ , so erhalten wir, indem alle Größen mit Ausnahme von  $X_a$  constant sind, diese aber gleichzeitig in beiden Reihen variirt, für die Differenz der Bildungswärme zweier analogen Glieder folgenden Ausdruck:

$W_a - W_a' = b(Y) - b'(Y) + c(Z) - c'(Z) + \dots - r + r'$  (18)  
oder: *die Differenz der Bildungswärme der correspondirenden Glieder zweier Reihen, welche jede für sich aus isodynamen Gliedern bestehen, ist stets dieselbe; sie ist unabhängig vom gemeinschaftlichen Gliede  $X_a$ .*

Es seyen ferner  $X^a Y^b \dots$  und  $Z^c V^d \dots$  isodynamer Körper. Es ist also die Differenz ihrer Bildungswärme  
 $(X^a, Y^b \dots) - (Z^c, V^d \dots) = a(X) + b(Y) - c(Z) - d(V)$  (19)  
oder: *die Differenz der Bildungswärme zweier isodynamen Körper ist nur abhängig von der Differenz in ihrer chemischen Zusammensetzung.* Ganz anders verhält es sich aber, wenn das th. dyn. Aeq. nicht dasselbe ist, und, wenn man dieses nicht berücksichtigt, geräth man in dieselbe Verwirrung wie in anderen Theilen der Wissenschaft, z. B. bei der Berechnung über den Einfluss der chemischen Zusammensetzung auf die Siedhitze der Verbindungen; auf diesen Punkt hoffe ich später einmal wieder zurückzukommen.

Die Glieder zweier Reihen, welche jede für sich isodynamer Glieder enthalten, müssen stets die Formel (18) befriedigen, das heisst:

$$W_a - W_a' = \text{Constans.}$$

Es ist aber die Erfüllung dieser Bedingung nicht hinlänglich, um die Verbindungen als isodynamer zu charakterisiren; denn wenn man in der Formel (18)  $q + s_a$  und  $q' + u_a$  anstatt  $r$  und  $r'$  setzt, indem  $s_a$  und  $u_a$  mit  $X_a$  gleichzeitig variiren, so wird die Gleichung (18) befriedigt, wenn

$$s_a - u_a = \text{Constans,}$$

ungeachtet der Heterodynamie der Verbindungen. Ich werde

später auf die Bedeutung dieser Ausdrücke zurückkommen und jetzt erst untersuchen, ob es überhaupt Verbindungen gebe, welche die Formeln (17) und (18) befriedigen.

### §. 9.

Es ist nicht möglich mit Bestimmtheit *a priori* anzugeben, welche Verbindungen als isodyname zu betrachten sind; doch giebt es einige Körper, welche in allen ihren Eigenschaften sich so übereinstimmend verhalten, daß man wohl berechtigt seyn kann, sie als isodyname Körper zu betrachten. Zu diesen Körpern gehören die verschiedenen Gruppen neutraler Salze, die Chlorverbindungen und ähnliche Körper; und wir wollen in der folgenden Betrachtung von der *Hypothese ausgehen, daß die neutralen Salze der meisten Säuren, die Chlorverbindungen etc. jede Klasse für sich isodyname Verbindungen enthalten.* Es sind demnach alle schwefelsauren Salze, wenn sie nach derselben rationellen Formel zusammengesetzt sind, isodyname Körper, ebenfalls die salpetersauren Salze unter sich, ohne daß diese letzteren mit den ersteren isodynam zu seyn brauchen. Wir wollen nun unter Voraussetzung der Isodynamie der gedachten Verbindungen, die Formeln (17) und (18) auf diese Körper anwenden. Der Zustand, in welchem wir die Körper als isodyname betrachten wollen, ist die wässrige Lösung derselben, und ich werde später diese Meinung zu rechtfertigen suchen.

### §. 10.

Wir wollen die zusammengesetzten Körper der Leichtigkeit halber als aus zwei Gliedern bestehend denken; indem wir das elektropositive Glied durch  $R$ , das elektronegative durch  $Q$  bezeichnen. Unsere Formel ist dann  $RQ$ . Für die Körper  $Pb$ ,  $PbH^+$ ,  $Pb\ddot{N}Aq$  ist demnach die Theilung folgende  $Pb+O$ ,  $Pb+OH^+$ ,  $Pb+NO^6Aq$  oder  $PbH^++\ddot{N}Aq$  u. s. w.

Die Formel (17) erscheint demnach in folgender Form:

$$(R, Q) - (R', Q) = (R) - (R') \dots (20).$$

Die Differenz auf der linken Seite der Gleichung ist

der Formel (6) zufolge ein Ausdruck für die Wärmetönung, welche entsteht, wenn die Verbindung  $R'Q$  durch  $R$  zersetzt wird, indem  $R'$  aus seiner Verbindung durch  $R$  ausgetrieben wird. Diese Wärmetönung ist constant, so lange  $R$  und  $R'$  dieselben Körper sind, aber stets unabhängig vom negativen Glied  $Q$  der Verbindung. Lesen wir nun die Formel (20), in der  $R$  und  $R'$  zwei Basen,  $Q$  eine Säure bezeichnet, so haben wir den von Andrews <sup>1)</sup> schon längst auf experimentellem Wege gefundenen Satz: *die Wärmeentwicklung, welche entsteht, wenn eine Basis die andere aus neutralen Verbindungen scheidet, ist stets dieselbe und unabhängig von der Säure, wenn nur die Basen dieselben sind.*

Ferner: es seyen  $R$  und  $R'$  zwei Metalle,  $Q$  der negative Theil der neutralen Verbindung; mit dieser Substitution liest sich die Formel (20) folgendermaßen: *Wenn ein Metall ein anderes aus neutralen Lösungen scheidet, so ist die Wärmeentwicklung stets dieselbe und unabhängig vom Lösungsmittel, wenn nur die Metalle dieselben sind.* Dieses ist ein zweiter von Andrews <sup>2)</sup> aufgestellter Satz, welcher gleichfalls auf experimentellem Wege gefunden ist.

Diese beiden Sätze sind ganz von einander abhängig; sobald der eine wahr ist, ist es auch der andere, indem der eine sich auf allgemeinere Weise vom anderen ableiten läßt. Wir wollen annehmen, es sey der letzte Satz gefunden und man wolle den ersten daraus ableiten. Die Gröfse  $Q$  enthält dann die Säure, ein Atom Sauerstoff und Wasser oder  $Q = OQ'Aq$ ; addiren wir nun

$$(O, Q'Aq) - (O, Q'Aq) = 0$$

zur Formel (20)

$$(R, OQ'Aq) - (R', OQ'Aq) = C$$

erhalten wir

$$(R, O, Aq, Q'Aq) - (R', O, Aq, Q'Aq) = C.$$

Subtrahiren wir demnach

$$(R, O, Aq) - (R', O, Aq) = D.$$

1) Pogg. Ann. Bd. LXVI. S. 31.

2) Pogg. Ann. Bd. LXXVIII. S. 73.

So erhalten wir als Resultat

$$(\dot{R}Aq, Q'Aq) - (\dot{R}'Aq, Q'Aq) = C - D.$$

Da nun  $D$  eine constante Gröfse ist, nämlich unabhängig von  $Q$ , und  $C$  gleichfalls zufolge der Formel (20) so ist auch die Differenz  $C - D$  constant, oder wir haben den ersten Satz aus dem zweiten abgeleitet.

### §. 11.

Die Formel (17) verlangt zufolge der aufgestellten Hypothese ein gleiches *negatives* Glied der zwei zu vergleichenden Verbindungen; wir wollen jetzt Verbindungen vergleichen in denen das *positive* Glied dasselbe ist, z. B.  $RQ$  und  $RQ'$ , deren th. dyn. Aeq.  $r$  und  $r'$  sey. Der Formel (18) zufolge ist dann

$$(R, Q) - (R, Q') = (Q) - (Q') + r - r' \dots (21).$$

In dieser Formel ist  $R$  das variable Glied, in welchem verschiedene Körper auftreten können, ohne dafs das th. dyn. Aeq. der Verbindung verändert wird. Die rechte Seite der Gleichung ist unabhängig von  $R$ , also constant.

Die linke Seite der Gleichung ist aber ein Ausdruck für die Wärmetönung bei der Zersetzung der Verbindung  $RQ'$  durch  $Q$ , indem das  $Q'$  durch  $Q$  ausgetrieben wird. Bezeichnet also  $R$  die Basis,  $Q$  und  $Q'$  Säuren, von welchen die eine die andere austreibt, so wird folgender Satz erhalten: *Wenn eine Säure eine andere aus neutralen Verbindungen scheidet, so ist die Wärmetönung stets dieselbe und unabhängig von den Basen, wenn nur die Säuren dieselben sind.*

Ferner: Wenn  $R$  ein Metall,  $Q$  und  $Q'$  die negativen Glieder z. B. Chlor, Brom, Jod etc. bezeichnen, so erhalten wir einen von Favre und Silbermann <sup>1)</sup> aufgestellten Satz: *Die Wärmeentwicklung, welche die Bildung einer in Wasser gelösten Chlorverbindung begleitet, ist stets um ein Bestimmtes gröfser als die bei der Bildung einer entsprechenden Jod- oder Bromverbindung entwickelte Wärme.*

1) *Compt. rend. T. XXVIII. p. 632.*

## §. 12.

Wenn zwei Körper,  $RQ$  und  $R'Q'$ , sich gegenseitig zu  $RQ'$  und  $R'Q$  zersetzen, so ist die Wärmetönung der Formel (7) zufolge:

$$W = (R, Q') + (R', Q) - (R, Q) - (R', Q')$$

Ist nun die Verbindung  $RQ$  mit  $R'Q$ , und  $RQ'$  mit  $R'Q'$  isodynam, erhalten wir nach (20)

$$(R, Q) - (R', Q) = (R, Q') - (R', Q')$$

also

$$W = 0.$$

Oder in Worten: Wenn zwei Verbindungen sich zu zwei anderen, mit den ersteren paarweise isodyname Verbindungen zersetzen, — und dieses ist der Fall, wenn zwei neutrale Salze sich in wässerigen Lösungen zersetzen — so findet keine Wärmetönung statt, unter der Bedingung, daß alle Verbindungen in Wasser löslich sind und gelöst bleiben.

Wenn z. B. salpetersaurer Kali schwefelsaures Ammoniak zersetzen kann, so tritt bei diesem Prozeß keine Wärmetönung ein. Dieses Verhalten hat Hefs <sup>1)</sup> schon längst auf experimentellem Wege gefunden und *Thermoneutralität* genannt.

Es ist eine Bedingung der sogenannten Thermoneutralität, daß die Verbindungen alle gelöst bleiben; — man hat also gewöhnlich kein Mittel sich über den Vorgang der Zersetzung zu überzeugen — anders ist es aber, wenn sich ein Niederschlag bildet. In diesem Falle tritt eine Wärmetönung ein, und sie ist numerisch gleich aber entgegengesetzt der latenten Lösungswärme der Verbindung. Es sey  $R'Q'$  die sich ausscheidende Verbindung; ihre Bildungswärme ist dann  $-(R'Q')$  oder nach der Formel (11), indem wir  $Q' = Q'' Aq$  setzen:

$$-(R', Q') = (R', Q'' Aq) - (R'Q'', Aq)$$

setzten wir diesen Ausdruck in die Formel des §. 12, so erhalten wir

$$W = -(R'Q'', Aq).$$

Durch doppelte Zersetzungen können wir also die latente Lösungswärme der in Wasser unlöslichen Salze etc. bestimmen.

1) Pogg. Ann. Bd. LII. S. 107.

In seinem »Bericht über die Wärme etc.«<sup>1)</sup> sagt Andrews: »Wenn Lösungen zweier Neutralsalze gemischt werden, und durch ihre gegenseitige Zerlegung ein Niederschlag entsteht, so findet eine Entwicklung von Wärme statt, welche in ihrem Betrage, wenn auch nicht bedeutend, doch vollkommen bestimmt ist. Diese rührt aber ganz und gar nicht von den Bestandtheilen der Niederschläge her, indem diese ihren flüssigen Zustand in den festen umwandeln, weil sie für denselben Niederschlag nicht immer dieselbe ist, sondern sie ist hauptsächlich abhängig von der latenten Wärme des Niederschlages. Wenn der letztere Krystallisationswasser enthält, so ist die entwickelte Wärme gröfser, als wenn ein wasserfreier Niederschlag gebildet wird«. Nach diesem Satze sollte die Wärmeentwicklung bei der doppelten Zersetzung von der latenten Wärme des Niederschlages, nicht von seiner Zusammensetzung abhängig seyn. Ich glaube, es ist dieses ein Irrthum, und ich werde später im Abschnitte über die latente Lösungswärme näher zeigen, in welchem Verhältnisse diese zur chemischen Zusammensetzung steht. Hier genügt es darauf aufmerksam zu machen, wie unnatürlich es ist, annehmen zu wollen: es bilde sich ein, in seiner Zusammenstellung verschiedener, Niederschlag, wenn man salpetersauren Baryt mit schwefelsaurem Kali, Natron, Magnesia oder Zinkoxyd niederschlägt.

Indem ich diese Abtheilung schliesse, mufs ich darauf hindeuten, dafs, obgleich die hier gewonnenen allgemeinen Resultate mit denen, welche auf experimentellem Wege gefunden sind, übereinstimmen, diese doch nicht hinlänglich genau die Formeln befriedigen, wenn man die durch die speciellen Versuche gewonnenen Zahlen betrachtet. Es ist dieses eine Folge der Ungenauigkeit der Versuche, und ich werde in meiner nächsten Abhandlung über die Neutralisation genauere Versuche anführen können.

(Fortsetzung folgt.)

1) Erdmann's Journal 2. Reihe. Bd. L. S. 483.

### III. Ueber die Farben, welche trübe Medien im auffallenden und durchfallenden Lichte zeigen; von E. Brücke.

(Aus den Sitzungsberichten d. K. Acad. zu Wien, 1852, Juli; vom  
Hrn. Verf. mitgetheilt.)

**T**rübe Medien erscheinen, im auffallenden Lichte und vor einem dunkeln Hintergrunde betrachtet, blau, im durchfallenden Lichte gelb oder roth. Die ersten Beobachtungen in Rücksicht auf diese Thatsache rühren von Leonardo da Vinci her, der sie in seinem *Trattato della pittura* benutzt, um die Farben des Himmels und der Landschaft zu erklären. Es ist bekannt, daß G ö t h e sie in das Truggewebe seiner Farbenlehre verflocht, indem er sie, wie er sich selbst ausdrückt, als ein Urphänomen auffasste, und dadurch in den Köpfen Vieler eine beträchtliche Verwirrung hervorbrachte. Indessen verdanken wir ihm die ausgedehntere empirische Begründung des oben ausgesprochenen Satzes durch eine Sammlung von Beispielen <sup>1)</sup>, welche, der gewöhnlichen Anschauung entnommen, dem Laien wie dem Physiker zugänglich sind, und seine Farbenlehre, namentlich bei den Malern, zu Ehren gebracht haben, da diese täglich Gelegenheit finden, sich von der Richtigkeit der G ö t h e'schen Angaben zu überzeugen und, nicht gewöhnt an methodische Forschung, leicht geneigt sind, Schlüsse ohne Weiteres für richtig zu halten, wenn sie die Beobachtungen bestätigt finden, auf welche sich dieselben stützen. Bei meinen Untersuchungen über den Farbenwechsel des Chamäleons fand ich, wie gewisse Farben dieses Thieres dadurch entstehen, daß ein helles Pigment, welches als trübes Medium wirkt, über ein dunkles gelagert wird. Es erinnerte mich dies wiederum daran, daß, so viel auch G ö t h e's Farbenlehre besprochen worden ist, man doch niemals eine allgemeine und dabei dem gegenwärtigen Zustande unserer optischen Kenntnisse homogene

1) G ö t h e's Farbenlehre. Didactischer Theil. X. §. 145—172.

Erklärung von den von ihm und von Leonardo da Vinci in Rücksicht auf die trüben Mittel beobachteten Thatsachen gegeben hat.

Da mir eine zoophysiologische Abhandlung über das Chamäleon nicht der geeignete Ort schien, um auf diesen rein physikalischen Gegenstand näher einzugehen, so habe ich mir vorbehalten in einer andern Klassensitzung wieder auf denselben zurückzukommen, um ihn in seinen einzelnen Punkten zu erörtern.

Es drängt sich uns zunächst die Frage auf: Was sind trübe Medien? Trübe Medien sind Gemenge zweier oder mehrerer Medien von verschiedenem Brechungsvermögen, bei welchen die einzelnen Partikeln der eingemengten Substanzen so klein sind, daß sie nicht als solche in die Augen fallen, sondern nur dadurch wahrgenommen werden, daß sie die Durchsichtigkeit des Ganzen schwächen, sowohl indem ein Theil des Lichtes an ihren Gränzflächen reflectirt, als auch weil das durchgehende Licht durch die Brechung theilweise zerstreut wird. Trüb und undurchsichtig sind deshalb nur relative Bezeichnungen für die Eigenschaften der Medien; denn jedes trübe Medium kann undurchsichtig und selbst undurchscheinend genannt werden, sobald man davon eine so dicke Schicht in Betracht zieht, daß kein Licht mehr hindurchgelassen wird. Wir stellen uns für unsere Untersuchungen zunächst die einzelnen Medien des Gemenges als farblos durchsichtig vor, damit dasselbe keine eigene Farbe habe, das heißt keine solche, die davon herrührt, daß eines der zusammensetzenden Medien als solches auf Licht von verschiedener Wellenlänge eine verschiedene Absorption ausübt.

Ein solches an sich farbloses trübes Medium erscheint nun vor einem dunkeln Grunde im auffallenden Lichte betrachtet blau oder bläulich grau, im durchfallenden Lichte bräunlich, gelb, orange oder roth. Das heißt in die Sprache der Undulationstheorie übersetzt: Das Medium reflectirt vorherrschend Licht von kurzer Schwingungsdauer, und

läßt vorherrschend Licht von langer Schwingungsdauer hindurch.

Dafs dies im Allgemeinen bei trüben Medien der Fall seyn müsse, ergibt sich aus der Natur derselben und aus den Formeln für die Intensität des reflectirten und des gebrochenen Strahles. Bezeichnet man mit  $A_i$  das Maximum der Ausweichung eines Aethermoleculs im einfallenden und mit  $A_r$  das Maximum der Ausweichung eines Aethermoleculs im zurückgeworfenen Strahle, mit  $i$  und  $\varrho$  den Einfallswinkel und den Brechungswinkel und mit  $Z_i$  das Azimut der Polarisationssebene des einfallenden Strahles, so hat man für die Intensität des reflectirten Strahles bekanntlich

$$A_r^2 = \left\{ \frac{\sin^2(i-\varrho)}{\sin^2(i+\varrho)} \cos^2 Z_i + \frac{\tan^2(i-\varrho)}{\tan^2(i+\varrho)} \sin^2 Z_i \right\} A_i^2.$$

Da man jeden Strahl gemeinen Lichtes für unsere Zwecke als zusammengesetzt betrachten kann aus zwei Strahlen von der halben Intensität, welche senkrecht auf einander polarisirt sind, so hat man, falls das einfallende Licht nicht polarisirt ist, für die Intensität des zurückgeworfenen

$$A_r^2 = \frac{1}{2} A_i^2 \left\{ \frac{\sin^2(i-\varrho)}{\sin^2(i+\varrho)} + \frac{\tan^2(i-\varrho)}{\tan^2(i+\varrho)} \right\}.$$

Indem nun  $i - \varrho$  immer kleiner als  $90^\circ$  ist, und man für jeden gegebenen Werth von  $i + \varrho$  einen um so grösseren Werth für  $i - \varrho$  erhält, je stärker der Strahl gebrochen wird, so ist es klar, dafs die brechbareren Strahlen unter allen Umständen stärker zurückgeworfen werden müssen, als die minder brechbaren, so lange nicht totale Reflection für alle eingetreten ist. Bei jeder Reflection also von gemischtem Lichte, bei welcher noch ein gebrochener Strahl existirt, tritt eine chromatische Zerlegung in der Weise ein, dafs der gebrochene Strahl relativ mehr Licht von langer, der zurückgeworfene mehr Licht von kurzer Schwingungsdauer enthält als der einfallende. Bei einer einmaligen Reflection ist dieser Unterschied so gering, dafs er in der Regel gar nicht beachtet wird; er

entgeht indessen dem Auge des Malers nicht, der sehr wohl weiß, daß er seine Spiegelungen immer in einem etwas blauerem Tone halten muß, als die Objecte, von denen das gespiegelte Licht ausgeht. Denken wir uns aber, daß der ersten Reflection eine zweite, dritte, vierte u. s. w. folge, so wird die Intensität des zurückgeworfenen Strahles immer mehr abnehmen, aber auch seine Farbe sich immer mehr von der des ursprünglichen entfernen, indem die Strahlen von kurzer Schwingungsdauer in ihm immer mehr das Uebergewicht erlangen.

In den trüben Medien nun, in denen die Lichtreflexion an einer großen Menge von kleinen durchsichtigen Körpern vor sich geht, reflectirt jeder einzelne offenbar nicht nur das Licht, welches primär auf ihn fällt, sondern auch das, welches ihm von den benachbarten zugeworfen wird, und in den so entstehenden vielfachen Reflexionen finde ich den ersten Grund, weshalb an sich farblose trübe Medien uns im auffallenden Lichte allgemein mehr bläulich als im durchfallenden erscheinen. Wenn man aber verschiedene trübe Medien untersucht, so wird man bald finden, daß der Unterschied zwischen der Farbe des auffallenden und der des durchfallenden Lichtes bei ihnen einen sehr verschiedenen Grad hat. Er ist z. B. sehr gering bei einer Trübung durch oxalsauren Kalk, schon größer bei einer Trübung durch schwefelsauren Baryt, aber im höchsten Grade auffallend bei einer Trübung, die man durch Zusatz von Ammoniak zu der Lösung eines Thonerdesalzes hervorgebracht hat. Diese erscheint im durchfallenden Lichte gelb, in dickeren Schichten orange und roth, während eine dünne Schicht vor einem dunkeln Grunde eine schöne matt lasurblaue Farbe zeigt.

Untersucht man nun diese Trübungen unter dem Mikroskope, so zeigt sich der oxalsaure Kalk als ein grobkörniger krystallinischer Niederschlag; der schwefelsaure Baryt ist schon feinkörniger, am allerfeinsten aber das Thonerdehydrat, welches nur theilweise körnige Massen darstellt, während andere Stellen wie bräunliche Schleier

unter dem Mikroskope erscheinen, welche keine Vergrößerung mehr aufzulösen vermag. In ähnlicher Weise findet man auch bei anderen trüben Medien, daß die Dimensionen der trübenden Elemente einen wesentlichen Einfluss auf die Lebhaftigkeit der besagten Farbenerscheinungen haben.

Es läßt sich dies dahin erklären, daß je kleiner die Theilchen werden und je näher sie deshalb an einander rücken müssen, um einen gewissen Grad der Trübung hervorzubringen, um so zahlreicher und wirksamer auch die vielfachen Reflexionen und Brechungen werden, von denen die Steigerung der Farben abhängt. Andererseits aber ist es klar, daß wenn die trübenden Theilchen einen gewissen Grad der Kleinheit erlangen, sie zu Interferenzfarben Veranlassung geben müssen, die sich freilich mit einander zu Weiß vermischen werden, wenn kleine Theilchen von allen verschiedenen Größen nach gewissen Gesetzen mit einander gemengt sind, aber auch irgend eine andere Farbe geben können, wenn vorherrschend Theilchen von einer bestimmten Größe vorhanden sind. In der That läßt es sich nachweisen, daß gerade in solchen trüben Medien, welche die in Rede stehenden Farben in sehr auffallender Weise zeigen, die trübenden Theilchen so klein sind, daß sie zu Interferenz-Erscheinungen Veranlassung geben müssen.

Bekanntlich war schon Newton der Meinung, daß das Blau des Himmels ein Blau erster Ordnung sey, welches durch Reflexion an sehr kleinen Wassertheilchen in derselben Weise entstehe, wie das Blau erster Ordnung im Farbenglase durch Reflexion an einer sehr dünnen Luftschicht.

Diese Ansicht des großen Mannes, welche vielfältig angefochten war, hat in neuester Zeit einen ausgezeichneten Vertheidiger an Dr. Clausius (Pogg. Ann. d. Physik u. Chemie Bd. LXXVI, S. 188) gefunden, der aber zugleich nachweist, daß Newton im Irrthume gewesen ist, wenn er die Farben der Wolken für Farben höherer Ordnung hielt, welche als solche durch Reflexion an größeren Was-

sertheilchen hervorgebracht würden, indem die Wolken das Licht nur in der Farbe zurtücksenden, in der es auf sie gefallen ist. Es läßt sich gegen die Ansicht Newton's, so wie gegen Clausius' Vertheidigung derselben, ein auf den ersten Anblick sehr schlagender Einwand erheben, nämlich der, daß das sogenannte Blau erster Ordnung, wie ich im Jahre 1848 in einem Aufsätze in Pogg. Annalen (Bd. LXXIV, S. 582) gezeigt habe, nur ein schwachbläuliches Grau ist, welches am meisten mit der Farbe der Herschel'schen sogenannten lavendelgrauen Strahlen übereinstimmt, und mit dem Blau des Himmels, welches, wenn es schön und tief ist, vielmehr dem Blau der zweiten Ordnung gleicht, keinerlei Aehnlichkeit hat. Dennoch glaube ich, daß Newton's Ansicht die richtige ist, und daß sich der so eben erhobene Einwand durch folgende Betrachtung beseitigen läßt.

Das Grau erster Ordnung nimmt im Farbenglase eine sehr bedeutende Breite ein, indem es an dem Punkte beginnt, an welchem die Herschel'schen lavendelgrauen Strahlen zuerst aus dem Dunkel auftauchen und sich bis zu dem Abstände fortsetzt, bei welchem das Blau seine größte Intensität erreicht hat. Hier nimmt es, sehr hell werdend, einen schwachen Stich ins Grüne an und geht gleich darauf ins Gelb über, indem jetzt die Intensität des Grün und Gelb ins Maximum tritt, während die des violetten Endes des Spectrums schon wieder geschwächt ist. Betrachten wir nun einmal eine bestimmte Zone unseres Grau, z. B. diejenige, bei welcher für eine gegebene Incidenz der Gangunterschied der beiden reflectirten Strahlen des blauen Lichtes eine ganze Wellenlänge beträgt; dann werden Strahlen von allen Wellenlängen reflectirt werden, aber die Intensitätsverluste werden nach den Wellenlängen verschieden und der des Blau am geringsten seyn. Denken wir uns, daß das so entstandene graue Licht ein zweites, drittes, viertes etc. Mal unter derselben Incidenz an Schichten von derselben Dicke und Substanz reflectirt werde, so ist es klar, daß unter der Voraussetzung, daß das Azimut der  
Pola-

Polarisationsebene immer dasselbe ist, für die einzelnen Farben der Quotient der Intensität des einfallenden Strahles, dividirt durch die Intensität des zurückgeworfenen Strahles, bei allen Reflexionen ein und derselbe seyn wird.

Nennen wir also die Intensitäten der Farben: Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau und Violett

$$J_1; J_2; . . . . J_6$$

und ihre Intensitäten nach der ersten Reflexion

$$J_1 Q_1; J_2 Q_2 . . . . J_6 Q_6$$

so ist es klar, daß sich ihre Intensitäten nach der  $n^{\text{ten}}$  Reflexion unter einander verhalten, wie sich unter einander verhalten

$$J_1 Q_1^* ; J_2 Q_2^* . . . . J_6 Q_6^*$$

und da alle  $Q$  echte Brüche sind, und der größte unter ihnen  $Q_5$ , so wird bei jeder neuen Reflexion die Farbe des zurückgeworfenen Lichtes mehr in Blau übergehen.

Wenn also in einem trüben Medium die trübenden Theile, von denen der eine dem andern das von ihm reflectirte Licht zuwirft, einen Durchmesser gleich dem vierten Theile einer Wellenlänge des blauen Lichtes haben, so läßt sich wohl einsehen, wie dadurch zwar kein reines Blau, welches auch am Himmel nie wahrgenommen wird, wohl aber eine viel blauere Farbe entstehen kann, als das sogenannte Blau der ersten Ordnung, welches durch Reflexion an einer Schicht von der besagten Dicke entsteht. Es ist hiezu aber auch nicht nöthig, daß alle trübenden Elemente gerade von ein und derselben und der besagten Größe sind, sondern es ist hinreichend, daß ihr Durchmesser im Allgemeinen kleiner sey als  $\frac{1}{4}$  Wellenlänge des grünen Lichtes, weil dann durch die Schwächung der minder brechbaren Strahlen im weißen Lichte dasselbe in Blau umgewandelt wird, wie ja auch das schöne Blau zweiter Ordnung nicht darin seinen Grund hat, daß an dieser Stelle des Ringsystems nur blaues Licht reflectirt würde, sondern lediglich darin, daß sich an dieser Stelle Roth, Orange, Gelb und Gelbgrün im Allgemeinen in dunkeln oder minder lichtstarken, Blaugrün, Blau und Violett da-

gegen in helleren Phasen befinden. Je mehr grössere Elemente sich unter den trübenden befinden, um so weniger schön und gesättigt, d. h. um so mehr mit Weiss oder Grau gemischt, wird das Blau seyn, indem dadurch um so mehr gelbes und rothes Licht zurückgeworfen wird.

Es kann endlich noch gefragt werden, ob der Fall vorkomme, daß die trübenden Elemente in einem Medium hinreichend klein sind, damit nicht Blau sondern Violett als Farbe des auffallenden Lichtes zur Erscheinung komme. Ich habe denselben einmal beobachtet, und zwar an dem weissen Pigmente der Haut des Chamäleons, welches in einer dünnen Schicht über einem schwarzen Grund gelagert, eine Farbe giebt, die mehr violett als blau ist, und unter den Aquarellfarben am meisten der sogenannten Neutraltinte (*teinte neutre*) entspricht.

Man kann in dem Blau, welches trübe Medien im auffallenden Lichte zeigen, sehr verschiedene Abstufungen unterscheiden, je nach der Dicke der Schicht, welche vor dem dunkeln Hintergrunde ausgebreitet ist. Am meisten gesättigt, aber auch am dunkelsten, am lichtärmsten, ist es so lange die Schicht dünn ist. Je dicker die Schicht wird, um so heller, aber auch um so blässer wird es, und geht am Ende in ein bläuliches Weiss über. Es hängt dies zusammen mit der chromatischen Zerlegung, welche das Licht bei seinem Fortschreiten in dem trüben Medium erleidet. Wir haben angenommen, daß die Substanzen, aus denen das trübe Medium gemengt ist, farblos durchsichtig seyn sollen, und mithin auch, daß, wenn weisses Licht einfällt, das in dem Medium absorbirte, weiss sey, und durch die Absorption keine Aenderung der Farbe bedingt werde. Da nun von dem Eintritte des weissen Lichtes an vorherrschend Strahlen von kurzer Schwingungsdauer reflectirt werden, so muß das fortschreitende Licht an diesen verarmen. Das aus den tieferen Schichten reflectirte Licht wird also auch nicht mehr blau seyn können, sondern es wird weiss und endlich gelb werden, und so das Blau des aus den ersten Schichten reflectirten Lichtes neutralisiren,

um so mehr, da es auf seinem Rückwege noch trübende Elemente durchwandert. Deshalb erscheint uns der Himmel auf hohen Bergen dunkler blau als in der Ebene, und im Zenith blauer als am Horizont, wo seine Farbe am hohen Tage dem Weiß sehr nahe kommt. Man kann sich leicht überzeugen, daß dies mehr von der Dicke der Schicht des trüben Mediums abhängt, durch welche man hindurch sieht, als von einer verschiedenen Beschaffenheit der unteren Luftschicht, denn, wenn wir auf eine entferntere Bergkette sehen, welche an der uns zugewendeten Seite eben nicht von der Sonne beschienen wird; und deshalb einen dunkleren Hintergrund bildet, so erscheint sie uns blau, oder richtiger gesagt, die Luft zwischen uns und ihr erscheint uns blau, wie dies schon Leonardo da Vinci deutlich auseinandersetzt <sup>1)</sup>).

Gehen wir jetzt zur Betrachtung der Farben des durchfallenden Lichtes über. Dr. Clausius ist der Meinung, daß durch den Durchgang des Lichtes durch eines der reflectirenden Elemente der Atmosphäre, als welche er sehr dünne Dampfbläschen bezeichnet, Orange entstehe, diese Farbe aber wegen der sehr ungleichen Intensität der interferirenden Wellenzüge sehr schwach sey, erst bei dem Durchgange durch viele Bläschen hervortrete und dann die Morgen- und Abendröthe, die er allgemein Orange nennt, als Complementarfarbe der Himmelsbläue hervorbringe. Es wird sich später ergeben, wie die Ansicht, daß die Farbe der Morgen- und Abendröthe sich complementar zur Him-

1) *L'azzurro dell' aria nasce dalla grandezza del corpo dell' aria alluminata, interposta fra le tenebre superiori e la terra. L'aria per sè non ha qualità d'odori, o di sapori o di colori, ma insè-piglia le similitudini delle cose che dopo lei sono collocate, e tanto sarà di più bell' azzurro, quanto dietro ad essa saranno maggiori tenebre, non essendo essa di troppo spazio, nè di troppa grossezza d'umidità; e vedisi ne' monti che hanno più ombre esser più bell' azzurro nelle lunghe distanze, e così dove è più alluminato, mostrar più il color del monte che dell' azzurro appiccatoagli dall' aria che infra lui e l'occhio s'interpone. (Trattato della pittura CLI.)*

melsbläue verhalte, eine Ansicht die Dr. Clausius mit vielen anderen ausgezeichneten Gelehrten theilt, auf einem Irrthume beruht.

Im Newton'schen Ringsysteme ist die erste Farbe erster Ordnung im durchfallenden Lichte braun, aber ihre Intensität ist gering, so dafs sie nur bei schwächerer Beleuchtung wahrgenommen wird, bei stärkerer völlig verschwindet. Auch trübe Medien können im durchfallenden Lichte Braun zeigen, welches dann mit zunehmender Dicke der Schicht rasch in Schwarz übergeht. Sie thun dies aber auch nur bei schwächerer Beleuchtung, z. B. wenn man sie unter dem Mikroskope oder vor einem weissen, matt beleuchteten Grunde betrachtet. Wird die Intensität des durchfallenden Lichtes gröfser, so verschwinden die helleren Tinten des Braun ganz, die mittleren gehen in falbes Gelb, die dunkleren in Orange über. Dies geschieht dadurch, dafs das neutrale Grau, welches als in allem Braun enthaltend gedacht werden kann, durch die Verstärkung des Lichtes weifs wird. Bringt man also zwischen sich und eine möglichst weisse Flamme, oder zwischen sich und einen von der Sonne sehr hell beleuchteten weissen Gegenstand, nach und nach immer dickere Schichten eines trüben Mediums, so ist die erste Farbe, welche man deutlich wahrnimmt, ein helles, aber in Rücksicht auf seinen Farbenton dem Orange schon nahe stehendes Gelb, dann folgt bei wachsender Dicke Orange und endlich Roth.

Um die Erklärung für diese Erscheinung zu finden, blicken wir auf die Deduction zurück, vermittelt welcher ich Seite 369 gezeigt habe, dafs durch vielfache Reflexion aus dem Grau erster Ordnung wirklich Blau entstehen könne. Behalten wir die dort gebrauchten Bezeichnungen bei, so ist es klar, dafs bei dem Fortrücken durch das trübe Medium eine Lichtsorte durch die aufeinander folgenden Reflexionen um so rascher geschwächt werden mufs, je gröfser für dieselbe  $Q$  ist. Diejenige, für welche  $Q$  am kleinsten ist, wird sich am längsten erhalten. Wir haben nun früher, behufs der Erklärung der blauen Farbe

des reflectirten Lichtes, angenommen, daß  $Q$  je nach der Gröfse der einzelnen trübenden Partikeln am gröfsten seyn soll für die blauen und demnächst für die violetten und blaugrünen Strahlen, kleiner also für die gelbgrünen, gelben, orangefarbenen und rothen, und da unter diesen das Roth die gröfste Wellenlänge hat, so wird  $Q_1$  für die grofse Mehrzahl der Reflexionen kleiner seyn als alle übrigen  $Q$ . Das Roth also wird sich am längsten erhalten und die gröfsten Dicken eines trüben Mediums durchwandern können, demnächst die orangefarbenen und demnächst die gelben Strahlen. Hierdurch erklärt sich leicht, wie, je nach der Menge der trübenden Elemente in der Atmosphäre, das schön-rothe oder orangefarbene Licht entsteht, mit welchem die auf- und untergehende Sonne die Landschaft, die Wolken und einen Theil des Himmelsgewölbes selbst färbt.

In Rücksicht auf das hier Gesagte kann nun noch die Frage aufgeworfen werden, ob denn auch eine Schicht trüben Mediums, wenn sie so dick geworden ist, daß sie im durchfallenden Lichte roth erscheint, nun im auffallenden Lichte grün sey. Ich muß diese Frage nach meinen Versuchen mit Nein beantworten. Bei solcher Dicke erscheinen trübe Medien im auffallenden Lichte immer bläulichweiss. Man bemerkt freilich am Morgen- und Abendhimmel oft entschieden grüne Tinten, aber nur sobald das Sehfeld mit rothem Lichte so erfüllt ist, daß man Verdacht schöpfen muß, das Grün sey nur subjectiv, wenn man die Täuschungen kennt, welchen man in dieser Hinsicht ausgesetzt ist <sup>1)</sup>).

So viele verschiedene trübe Medien ich mir auch dargestellt habe, so ist es mir doch niemals gelungen, ein solches zu finden, das während es im durchfallenden Lichte roth war, im reflectirten grün gewesen wäre; sie waren alle bläulichweiss wie ein Milchglas. Um diese Thatsache zu erklären, müssen wir uns fragen, welche Art von Grün

1) Vergl. E. Brücke über die subjectiven Complementarfarben. Denkschriften, Bd. III. — Poggendorff's Annalen Bd. LXXXIV. S. 418.

wir denn nach der Farbe des durchfallenden Lichtes zu erwarten hätten, d. h. wir müssen fragen, welche Farbe ist die Complementarfarbe vom Roth des durchfallenden Lichtes. Dieses Roth ist ein zusammengesetztes, welches in Rücksicht auf seinen Farbenton zwischen dem Orange und dem äußersten Roth des Spectrums steht und sich diesem um so mehr nähert, je dicker die Schicht wird. Ein solches Roth läßt sich mittelst des Polarisationsapparates nicht in hinreichender Schönheit darstellen, um sein Complement direct aufzusuchen; dagegen zeigt aber das dritte System der Newton'schen Ringe im auffallenden Lichte ein schönes Gras- oder Papageigrün, dessen durch den Polarisationsapparat bestimmtes Complement <sup>1)</sup> sich nicht als unser Roth und auch nicht als das reine Roth des Spectrums erweist, sondern als ein sich dem Purpur näherndes Roth, das am meisten mit der Farbe der Rosen zu vergleichen ist, eine Farbe die im Spectrum gar nicht vorhanden, sondern die man erst erhält, wenn man die äußersten Enden zweier Spectra über einander fallen läßt. Hieraus geht also hervor, daß das Complement unseres Roth nicht Gras- oder Papageigrün, sogenanntes eigentliches Grün, seyn kann, sondern daß es entschieden ein Blaugrün seyn muß <sup>2)</sup>.

Die zweite Frage wird die seyn, nach dem Sättigungsgrade des Grün, welches wir zu erwarten haben. Wenn sich uns irgend eine Farbe darbietet, so können wir dieselbe allgemein als aus zwei Complementarfarben zusammengesetzt betrachten <sup>3)</sup>, von denen ich die, welche im

1) Vergl. meine oben citirte Abhandlung über die Newton'schen Farbenringe in Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie.

2) Die Versuche von Helmholtz (Ueber die Theorie der zusammengesetzten Farben. Berlin 1852; auch d. Ann. Bd. 87, S. 45), weisen auch für das reine Roth des Spectrums Blaugrün und nicht eigentliches Grün als Complementarfarbe nach.

3) Man muß wohl unterscheiden zwischen einer Complementarfarbe und dem Complement einer Farbe. Zwei Felder können mit Complementarfarben gefärbt seyn, ohne daß sie deshalb mit einander Weiß oder ein neutrales Grau geben; da sich der Ausdruck Complementarfarbe nur auf den Ton der Farbe, aber weder auf ihre Lichtintensität noch auf ihren Sättigungsgrad bezieht. Sage ich dagegen, die eine Farbe sey das

Ueberschusse vorhanden ist, die tonangebende nennen will, weil sie den Ton der ganzen Farbe bestimmt, d. h. den Ort, welchen man ihr, der natürlichen Verwandtschaft nach, im Farbenkreise anweisen würde, oder in einem Spectrum, welches man sich so zusammengebogen denkt, das rothes und violettes Ende über einander greifen und die fehlenden Zwischenstufen zwischen Roth und Violett ergänzt werden. Es ist dieß stets eine Farbe, welche selbst kein Weiß oder Grau enthält, welche aber, mit einer größern oder geringeren Menge von Weiß oder neutralem Grau gemischt, die zu untersuchende Farbe giebt.

Bezeichnet man die Lichtintensität dieser tonangebenden Farbe selbst mit  $\alpha$ , die der Complementarfarbe mit  $\beta$ , so drückt die Formel

$$\frac{\alpha - \beta}{\alpha + \beta}$$

den Sättigungsgrad oder die Intensität der Farbe als solche aus, welche nicht zu verwechseln ist mit ihrer Lichtintensität, die vielmehr durch  $\alpha + \beta$  gemessen wird. Ist  $\alpha = \beta$ , so ist die Intensität der Farbe als solcher gleich 0, d. h. sie ist weiß oder bei schwächerer Lichtintensität neutral grau; ist dagegen  $\beta = 0$ , so ist die Intensität der Farbe als solcher = 1, d. h. so groß als sie werden kann.

Mit dieser Formel stimmt also der Sprachgebrauch der practischen Chromatik in sofern überein, als dieselbe für diejenigen Farben, welche man absolut gesättigte, ganze oder volle Farben nennt, den Werth 1 giebt, für diejenigen aber, welche man gebrochene Farben nennt, einen ächten Bruch. Man kann auch mittelst dieser Formel, sobald die tonangebende Farbe bekannt ist, den Ort einer Farbe in einem dem Doppler'schen Farbenoctanten <sup>1)</sup> analogen

Complement der Anderen, so verstehe ich darunter, daß sie einander so das Gleichgewicht halten, daß sie im Sehfeld übereinanderfallend Weiß oder neutrales Grau geben.

- 1) Versuch einer systematischen Classification der Farben. Abhandlungen der k. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften Vol. 5, besonders abgedruckt und in Commission bei Borrosch und André Prag 1848.

Schema bestimmen, wenn man diesem einen Kugelausschnitt substituirt, den man erhält, wenn man einen Radius so bewegt, daß sein peripherisches Ende an der Kugeloberfläche einen Kreis von  $57^{\circ} 17' 45''$  Halbmesser beschreibt. In der Mitte des Kreises auf der Kugel stehe Weiß, auf der Peripherie desselben seyen Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau und Violett und zwischen ihnen ihre Mischungsfarben aufgetragen. An der Spitze des Kugelausschnittes endlich stehe Schwarz, so daß seine Axe die Linie des neutralen Grau ist. Uebrigens sey Alles wie beim Doppler'schen Farbenoctanten. Dann wird man, um den Ort der Farbe in diesem Schema zu bestimmen, diejenige Farbe in ihr, welche ich die tonangebende genannt habe, auf der Peripherie des Kreises auf der Kugel aufsuchen, und durch sie und die Axe des Kugelausschnittes eine Ebene legen, in der dann jedenfalls die zu bestimmende Farbe liegt und zwar auf derselben Seite der Axe mit der tonangebenden. Bezeichnet man dann mit  $\alpha + \beta$  den geradlinigen Abstand der Farbe vom Kugelcentrum, d. h. der Spitze des Kugelausschnittes, so ist, wie leicht einzusehen,  $\alpha - \beta$  die Länge des Kreisbogens, durch welchen der Abstand der Farbe von der Axe des Kugelausschnittes gemessen wird und somit ihr Ort bestimmt. Ist also  $\alpha = \beta$ , so fällt die Farbe in die Linie des neutralen Grau; ist  $\beta = 0$ , so fällt, da für  $57^{\circ} 17' 45''$  der Bogen näherungsweise gleich dem Radius ist, die Farbe in den Mantel des Kugelausschnittes, auf dem die vollen Farben in ihren verschiedenen Lichtintensitäten aufgetragen sind.

Denken wir uns nun eine Quantität weißen Lichtes aus rothem und grünem zusammengesetzt und in zwei ungleiche Theile zerlegt, in welchen die rothen und grünen Strahlen einander nicht mehr das Gleichgewicht halten, so wird der eine Theil roth erscheinen, der andere in dem complementären Grün; aber die Intensität der Färbung kann in beiden Theilen sehr verschieden seyn. Seyen  $\alpha_0$  und  $\alpha_1$  die Lichtintensitäten der rothen, und

$\beta_0$  und  $\beta_1$  die der grünen Strahlen in beiden Theilen, so ist die Intensität der Färbung für den einen Theil

$$f_0 = \frac{\alpha_0 - \beta_0}{\alpha_0 + \beta_0}$$

für den andern

$$f_1 = \frac{\beta_1 - \alpha_1}{\beta_1 + \alpha_1}$$

und da

$$\alpha_0 + \alpha_1 = \beta_0 + \beta_1,$$

und mithin

$$\alpha_0 - \beta_0 = \beta_1 - \alpha_1,$$

ist, so kann  $f_0$  sehr groß und  $f_1$  sehr klein seyn, wenn  $\alpha_0 + \beta_0$  sehr klein, und  $\alpha_1 + \beta_1$  sehr groß ist.

Hiervon bietet unter anderm die Newton'sche Farbenscala sehr schöne Beispiele. Die Farben, welche im auffallenden Lichte zunächst auf das Blaugrau erster Ordnung folgen, sind bekanntlich so blaß, daß sie Newton mit einander für weiß erklärte; stellt man sie aber mittelst einer dünnen Lamelle einer doppelbrechenden Substanz unter dem Polarisationsmikroskope dar, und dreht das eine Nicol'sche Prisma um  $90^\circ$ , so daß ihre Complementary erscheinen, so erkennt man diese als beträchtlich intensive Farben. Sucht man dagegen das schöne und gesättigte Violett der zweiten Ordnung des auffallenden Lichtes auf, und dreht dann das eine Prisma wieder um  $90^\circ$ , so findet man, daß das Complement ein zwar deutlich erkennbares, aber doch keineswegs sehr gesättigtes, sondern vielmehr sehr blaßes Gelb ist. Die Verschiedenheit in dem chromatischen Effecte beider Complementary kann um so bedeutender seyn, je größer die Intensität des zerfallten weißen Lichtes ist; denn um so größer kann der Unterschied in der Lichtintensität jener Complementary werden, ohne daß dadurch die des einen so geschwächt würde, daß es nicht mehr seine volle chromatische Wirkung ausüben könnte; während andererseits das hellere Complement, wenn sich seine Lichtstärke über einen gewissen für verschiedene

Augen verschiedenen Grad steigert, wiederum durch Ueberreizung und Abstumpfung der Sehnerven-Elemente an chromatischer Wirkung verliert.

Es wird leicht seyn, das bisher Gesagte auf die Farben trüber Medien anzuwenden. So lange das Blau des auffallenden Lichtes noch dunkel ist, ist der Sättigungsgrad der Farbe des durchfallenden Lichtes bei einiger Intensität des einfallenden noch gering, ja bei großer die Farbe noch gar nicht bemerkbar. Je dicker aber die Schicht wird, um so blässer wird das Blau, und um so gesättigter wird die Farbe des durchfallenden Lichtes, so daß wir jedenfalls bei einer so dicken Schicht, daß das durchfallende Licht nicht mehr orange, sondern roth ist, für das zurückgeworfene nur noch eine sehr schwache Färbung erwarten können. Eine solche ist auch vorhanden, aber sie ist nicht, wie man erwarten sollte, blaugrün, sondern blau; es fehlt uns also eine kleine Menge gelben Lichtes, von welcher wir bis jetzt nicht wissen, wo sie geblieben ist. Ich glaube indessen, daß man auch über diese Rezenschaft geben kann.

Wir haben angenommen, daß die einzelnen Substanzen, deren Gemenge das trübe Medium bildet, farblos durchsichtig sind, und daraus bisher geschlossen, daß alle Strahlen durch die Absorption in demselben gleichviel an Intensität verlieren. Letzteres ist aber offenbar nur der Fall, wenn sie alle einen gleich langen Weg durch das trübe Medium zurücklegen. Denkt man sich nun eine unendlich dicke Schicht eines trüben Mediums, in welche weißes Licht eindringt, so werden sich die Strahlen von großer Wellenlänge nach dem bisher auseinander gesetzten länger in demselben erhalten und tiefer eindringen, als die Strahlen von kleiner Wellenlänge, sie werden also auch ehe sie endlich vollständig verbraucht sind, mehr durch Absorption verloren haben. Das hier reflectirte Licht kann also nicht ganz weiß seyn, sondern da in ihm auch bei unendlicher Dicke der trüben Schicht die Strahlen von kurzer Wellenlänge noch vorherrschen, wird es immer ein wenig bläulich seyn, welche Farbe besonders bei mäßiger Intensität des

einfallenden Lichtes wahrnehmbar ist. So wird z. B. ein noch so dickes Stück weissen Milchglases sich immer durch seinen etwas bläulichen Ton von dem schon in dünnen Schichten undurchsichtigen weissen Glase unterscheiden, aus welchem die sogenannten Kreideperlen verfertigt werden. Hat nun die Schicht des trüben Mediums eine solche Dicke, daß sie das Licht mit rother Farbe hindurchfallen läßt, so erleidet eine grössere Menge der rothen und der ihnen zunächst liegenden orangefarbenen Strahlen einen geringeren Absorptionsverlust, da sie ihren Weg nicht durch das trübe Medium zurücknehmen. Nunmehr ist es also das gelbe Licht, welches den größten Absorptionsverlust erleidet; wir müssen also, wenn wir das reflectirte und durchfallende Licht zusammen addiren, Weiss weniger einer geringen Menge Gelb erhalten, das heisst ein blasses Violett, die sogenannte Lillafarbe, und diese erhalten wir auch in der That, wenn wir uns das durchfallende Roth zu dem bläulichen Weiss hinzu addirt denken.

Hiermit glaube ich die Farben der trüben Medien unter der Voraussetzung hinreichend erklärt zu haben, daß alle in die Zusammensetzung desselben eingehenden Substanzen farblos durchsichtig sind. Ist das getrübt Medium blau, wie dieß z. B. beim Wasser der Fall ist, so muß von der Complementarfarbe natürlich relativ mehr verloren gehen und dieß die Farben entsprechend verändern; ist das Medium gelb, so wird die Farbe des auffallenden Lichtes nicht blau, sondern grün seyn, wie dieß z. B. an denjenigen Hautstellen des Chamäleons der Fall ist, an welchen das oberflächliche helle Pigment nicht weiss, sondern gelb ist u. s. w.

Die Anwendung von dem, was hier im Allgemeinen von den trüben Medien gesagt ist, auf die Farbenercheinungen der Atmosphäre, ist so einfach, daß ich kaum nöthig habe darauf zurückzukommen. Es wird einleuchtend seyn, weshalb die Farbe der Morgen- und Abendröthe nicht das Complement der Himmelsbläue ist, sondern viel mehr Roth enthält als dieses, sowie daß die purpurfarbenen und vio-

letten Tinten durch Vermischung des blauen reflectirten mit dem rothen durchfallenden Lichte entstehen <sup>1)</sup>). Es wird einleuchtend seyn, dafs wir keine Ursache haben das Sonnenlicht an und für sich für gelb zu halten, sondern dafs die gelbe Färbung von der Atmosphäre herrührt, und dafs uns dieselbe, wenn die Sonne hoch am Himmel steht, deshalb so wenig intensiv erscheint, weil im Vergleiche zu der ganzen ungeheuern Lichtmenge der relative Verlust an kurzwelligen Strahlen nur wenig in Betracht kommt (Vergl. S. 365). Es wird ferner klar seyn, dafs uns der Mond hoch am Himmel stehend weifser erscheint als am Horizont, weil zwischen uns und ihm, im ersteren Falle eine dünnere Schicht des trüben Mediums ist als im letzteren, und dafs er uns am hellen Tage besonders weifs erscheinen mufs, weil das von der zwischen uns und ihm befindlichen Atmosphäre reflectirte blaue Licht seine gelbe Färbung compensirt.

Da ich mich aber einmal unterfangen habe, mein Fach so weit zu verlassen, dafs ich von den Farbenerscheinungen der Atmosphäre rede, so will ich es auch noch wagen, einige Worte über die Frage hinzuzufügen, ob sich aus den Farbenerscheinungen der Atmosphäre bis jetzt ein Schluss auf das Material und die Gestalt der trübenden

- 1) Helmholtz hat in seiner oben citirten Abhandlung über die Theorie der zusammengesetzten Farben gezeigt, dafs Gummi-Gutti oder Chromgelb oder Bergblau oder Ultramarin auf dem Farbenkreisel neutrales Grau erzeugen, wenn man die einzelnen Sektoren aufstreicht, während ihre Mischung, wie bekannt, grün ist, und dafs in Uebereinstimmung damit das Gelb des Spectrums mit dem tiefen Blau, welches Newton mit dem Namen Indigo belegte, weifs giebt, also diesem complementar ist. Hiermit stimmen die Angaben des Polariskops völlig überein, indem auch dieses als Complement des tiefen Blau wie es der Himmel auf Bergen häufig, in der Ebene nur bei vorzüglich durchsichtiger Luft zeigt, ein schönes Hochgelb nachweist. Das Complement des wahren Orange, der Farbe der Frucht von *Citrus Aurantium*, ist ein Blau, welches nahe an der Gränze des Grün steht, während andererseits das Complement des Violett ein Gelb ist, welches wiederum hart an der Gränze des Grün steht, ja dieselbe überschreitet, und mit dem Uebergange des Violett in Purpur in entschiedenes Grün übergeht.

Bestandtheile machen lasse. Dr. Clausius hat in einer eigenen Abhandlung <sup>1)</sup> nachzuweisen gesucht, daß die lichtreflectirenden Elemente der Atmosphäre, nothwendig Wasserbläschen seyn müssen. Der Gang der Beweisführung ist folgender: Es wird zunächst darauf hingewiesen, wie unwahrscheinlich es sey, daß die lichtreflectirenden Theile kleine *undurchsichtige* Körper seyen, und dann die Lichtzerstreuung berechnet, welche kleine *durchsichtige* aber nicht hohle Massen, z. B. kleine Wasserkugeln durch ihre Brechung in der Atmosphäre hervorbringen müßten, wenn sie in solcher Menge vorhanden wären, daß durch sie die beträchtliche Lichtreflexion derselben bedingt seyn könnte. Es zeigt sich nun, daß diese so groß seyn würde, daß wir, statt der scharfbegrenzten Sonnenscheibe einen großen hellen Raum sehen müßten, welcher sich vom Zenith mit allmählich abnehmender Helle bis über 60° herabstrecken würde. Es wird ferner gezeigt, daß selbst wenn man den lichtreflectirenden Massen einen viel geringeren Brechungsindex zuschreiben wollte, als der des Wassers ist, ja wenn man annehmen wollte, daß die Lichtreflexion immer da vor sich gehe, wo ein Sauerstoff- und ein Stickstofftheilchen an einander gränzen, doch die durch die gleichzeitige Brechung nothwendig verursachte Lichtzerstreuung sich immer als so groß ergibt, daß dergleichen Annahmen sich in ihren Consequenzen als vollkommen unverträglich mit der täglichen Erfahrung herausstellen. Es bleibt deshalb nichts anderes übrig als anzunehmen, daß die Körper, welche das Licht reflectiren, Bläschen seyen, da in solchen die Wasserschicht vermöge des Parallelismus ihrer äußern und innern Begrenzung, ihre reflectirende Wirkung äußern kann, ohne übrigens den Lichtstrahl bleibend von seiner ursprünglichen Richtung abzulenken.

Ich kann einen Einwand gegen diesen Beweis nicht unterdrücken, der mir von Belang scheint, nämlich den, daß Dr. Clausius in der Art, wie er die Zerstreuung von der

1) Ueber die Natur derjenigen Bestandtheile der Erdatmosphäre, durch welche die Lichtreflexion in denselben bewirkt wird. Bd. LXXVI. S. 161.

Menge des reflectirten Lichtes und den Constanten für das Brechungsvermögen der einzelnen Medien abhängig gemacht hat, die Dimensionen der trübenden Elemente nicht so berücksichtigte, wie es für die Anwendbarkeit des Resultats auf unseren Fall wünschenswerth gewesen wäre. Es ist mir gelungen, aus der Erfahrung nachzuweisen, daß die Gröfse der trübenden Elemente sehr wesentlich in Betracht kommen konnte, indem mit derselben die Zerstreuung, wenn die Theilchen eine gewisse Kleinheit erreicht haben, sehr rasch abnimmt.

Man nehme eine Lösung von einem Gramm des feinsten und möglichst farblosen Mastix in 87 Grammen Weingeist, und tröpfe dieselbe in Wasser, das durch stetes Umschütteln in heftige Bewegung versetzt wird, so erhält man eine trübe Flüssigkeit, welche die in dieser Abhandlung beschriebenen Farbenerscheinungen in hoher Vollkommenheit zeigt. Die blauen Tinten sieht man am besten, wenn man sie auf eine schwarze Glastafel oder in eine schwarze Schale gießt; um die gelben und rothen zu untersuchen, füllt man sie in eine Flasche mit parallelen Wänden, durch welche man nach hell beleuchteten weissen Gegenständen, nach der Sonne selbst oder nach einer Flamme sieht. In dieser Flüssigkeit, in der man die trübenden Elemente doch schwerlich für Bläschen halten kann, stehen Lichtreflexion und Zerstreuung in keinem wesentlich anderen Verhältnisse zu einander als in der Atmosphäre. Sieht man durch eine Schicht hindurch, welche im auffallenden Lichte himmelblau erscheint, so erblickt man alle beleuchteten Gegenstände vollkommen deutlich und scharf begränzt, nur schwach gelblich gefärbt. Sieht man durch ein solches Medium nach einer Flamme, und macht die Schicht immer dicker oder das Medium durch Hinzufügen von mehr Mastixlösung trüber, so erscheint die Flamme immer röther, und verliert immer mehr an ihrer Lichtintensität, aber sie erscheint noch immer vollkommen scharf begränzt, so daß man sehr deutlich wahrnehmen kann, wie zuletzt die lichtärmeren Theile der Flamme ganz verschwinden und nur diejenigen noch

sichtbar bleiben, welche rothe und orangefarbene Strahlen in gröfserer Menge enthalten. Einen prächtigen Anblick gewährt es, wenn man durch eine solche Flüssigkeit nach der Sonne sieht, indem dieselbe dann mit den sie umgebenden und von ihr erleuchteten Wolken in der schönen Farbe der Abendröthe prangt, während der blaue Himmel sich dunkel, fast schwarz dagegen absetzt.

Es ist leicht zu zeigen, dafs dieses Verhalten, vermöge dessen man sich die Entstehung der Farbenerscheinungen der Atmosphäre so schön veranschaulichen kann, wesentlich an die Dimensionen der trübenden Elemente gebunden ist. Man nehme eine concentrirte weingeistige Lösung von demselben Mastix und fälle sie durch Zusatz von Wasser, dann erhält man eine Mastixmilch, durch deren Verdünnung mit mehr Wasser man sich trübe Medien von verschiedenen Durchsichtigkeitsgraden verschaffen kann. Diese aber haben wesentlich andere Eigenschaften. Erstens ist der Unterschied, welchen ihre Farben im auffallenden und durchfallenden Lichte zeigen, ausserordentlich viel geringer, und zweitens lassen sie die Gegenstände nicht mehr deutlich erkennen durch Schichten, von welchen weit weniger Licht reflectirt wird, als von solchen der vorherbeschriebenen Flüssigkeit, durch welche alle Einzelheiten der Gegenstände noch aufs Schärfste erkannt wurden.

Vielleicht könnte Jemand glauben, dafs das ungleiche Verhalten beider Flüssigkeiten von ihrem ungleichen Alkoholgehalte abhängt; man kann sich aber überzeugen, dafs dies nicht der Fall ist. Man füge der alkoholärmeren so viel Weingeist hinzu, dafs sie die alkoholreichere wird, und dann wieder so viel Mastixmilch, dafs die von ihr reflectirte Lichtmenge wieder so grofs wird wie vorher, und man wird finden, dafs sich ihre optischen Eigenschaften, so weit wir dieselben betrachten, nicht wesentlich geändert haben.

Nun untersuche man unter dem Mikroskope die mittelst Mastixmilch bereitete trübe Flüssigkeit. Man wird in ihr schon bei zwei- bis dreihundertmaliger Linearvergröfserung viele Mastixkügelchen schwimmen sehen, deren Zahl sich

bei Anwendung stärkerer Vergrößerungen noch vermehrt. Untersucht man dagegen die durch Eintragen einer verdünnten Mastixlösung in Wasser bereitete trübe Flüssigkeit, so findet man in derselben, wenn sie gut bereitet war, mit den verschiedensten Vergrößerungen nur einzelne Mastixkügelchen, woraus klar hervorgeht, daß dieselben der großen Mehrzahl nach kleiner sind, als daß sie selbst mit den stärksten Vergrößerungen entdeckt werden könnten.

Außer der Kleinheit der trübenden Elemente muß aber auch ihre gleichmäßige Vertheilung sehr wesentlich in Betracht gezogen werden. So haben wir oben gesehen, daß das Thonerdehydrat mit zu den feinsten Niederschlägen gehört, und daß durch dasselbe getrübe Flüssigkeiten, die bewußten Farbenerscheinungen sehr schön zeigen; aber immer zerstreuen sie das durchfallende Licht unverhältnißmäßig stark, da es nie gelingt die Trübung gleichmäßig zu vertheilen, sondern sich immer Kugeln und unregelmäßige Ballen bilden, die von einer Schicht des Niederschlages wie von einer Haut umschlossen sind, wovon man sich theils mit bloßen Augen, theils mittels der Lupe und des Mikroskopes hinreichend überzeugen kann.

Die beschriebenen Thatfachen sprechen, wie ich glaube, klar und deutlich aus, daß man aus den optischen Eigenschaften der Atmosphäre in Rücksicht auf die Theilchen, von welchen die Himmelsbläue und die Morgen- und Abendröthe herrühren, vor der Hand keinen anderen Schlufs machen könne, als daß sie sehr klein und im Allgemeinen mit einer gewissen Gleichförmigkeit in der Atmosphäre vertheilt sind, wenn auch die oberen Schichten davon viel weniger als die unteren enthalten.

Wenn es mir einerseits leid thut, einer Beweisführung nicht beistimmen zu können, welche uns versprach, einen wichtigen Gegenstand, über den man bisher nur Vermuthungen hegen konnte, allem Zweifel zu entrücken, so kann ich andererseits meine lebhafteste Freude darüber nicht verhehlen, daß ich die Ansichten zweier der größten Geister, die über unsere Erde gegangen sind, mit einander und mit der Wahrheit

heit übereinstimmend gefunden habe, während man früher bald der einen, bald der anderen ausschliesslich anhing, oder die Richtigkeit beider bezweifelte.

Leonardo da Vinci, dem keine physikalische Theorie des Lichtes zu Gebote stand, that Alles, was er in seinem Zeitalter thun konnte, indem er die Himmelsbläue davon ableitete, dafs sich zwischen uns und dem dunkeln Welt- raume ein trübes, an sich farbloses Medium befinde. New- ton, im Besitze des Schatzes optischer Kenntnisse, welche er theils vorfand, theils selbst erworben hatte, konnte einen grossen Schritt weiter thun und sagen, dafs die Farben der Atmosphäre auf dieselbe Weise entstehen, wie die Farben des nach ihm benannten Ringsystems, und als solche durch die trübenden Elemente der Atmosphäre hervorgebracht werden: aber der Undulationstheorie mufste es überlassen bleiben, die Erklärung in Rücksicht auf die einzelnen Far- benerscheinungen vollständig zu begründen.

---

#### IV. *Ueber die Wiedervereinigung der Strahlen des Spectrums zu gleichförmigen Farben;* *von Hrn. Léon Foucault.*

(Aus dem Cosmos des Hrn. Moigno, 1853, T. II. p. 232.)

Seit mehren Jahren bin ich im Besitz einer experimen- tellen Methode, welche erlaubt, beliebige Strahlen des Spectrums zu gleichförmigen Farben zusammenzusetzen. Da diese Methode mir sehr geeignet scheint, die kürzlich von Hrn. Helmholtz veröffentlichten interessanten Resul- tate zu bestätigen, so halte ich es für nützlich, sie kennen zu lehren, auch dabei zu bemerken, dafs sie im Jahre 1849 von Hrn. Pouillet in seinen physikalischen Vorlesungen auf der Sorbonne öffentlich aus einander gesetzt und vor- gezeigt worden ist.

Als Lichtquelle nimmt man ein lineares Bild der Sonne,  
 Poggendorff's Annal. Bd. LXXXVIII. 25

gebildet durch eine cylindrische Linse  $C$  von kurzer Brennweite (Taf. IV. Fig. 1). Die Strahlen gehen divergirend zu einer als Collimator dienende Linse  $L$  und fallen von da parallel auf ein Prisma  $P$  von sehr weißem und sehr reinem Flintglase.  $D$  ist ein in der Bahn des gebrochenen Lichtbündels angebrachtes Diaphragma, dessen Oeffnung nur einen Theil der Oberfläche des Prismas sehen läßt. Dann kommt ein großes achromatisches Objectiv  $O$ , in dem Abstände  $OD$ , der größer ist als die Brennweite desselben. Die dispergirten Strahlen, die auf dieses Objectiv fallen, können betrachtet werden als herstammend von einem in unendlichen Abstand vor dem Prisma liegenden virtuellen Bilde des Spectrums, und demgemäfs geben sie im Hauptbrennpunkte des Objectivs ein reelles sehr scharfes Spectrum  $or$ . Allein beim Durchgang durch das Diaphragma ist das Lichtbündel noch ganz weiß, denn dieses Diaphragma fängt diefs- und jenseits die dispergirten Portionen auf, so dafs in einem Abstände  $OI$ , gleich dem des conjugirten Brennpunkts  $D$ , sich ein gleichfalls weißes Bild, von der Oeffnung des Diaphragmas bildet und zwar durch Recomposition derselben Strahlen, die in einem geringeren Abstände sich zu einem Spectrum anordnen.

Da das Spectrum  $or$  in großer Schärfe erhalten werden kann, so ist man im Stande, es durch Schirme zu begränzen oder durch Spalten von verschiedener Breite und Länge beliebige Strahlen hindurchzulassen, welche sich dann auf dem vom Schirme  $I$  aufgefangenen Bilde zu gleichförmigen Farben (*teintes plates*) zusammensetzen.

Um ein vollständiges Spectrum zu erlangen, um die natürlichen Intensitätsverhältnisse der dasselbe zusammensetzenden Strahlen nicht zu stören, so wie auch um sie zu wirklich gleichförmigen Farben zu vereinigen, sind vor allem zwei Vorsichtsmafsregeln zu treffen. Zuvörderst mufs das Objectiv so groß seyn, dafs es die Gesamtheit der durch das Diaphragma gehenden dispergirten Strahlen aufnimmt; und dann mufs das Diaphragma so eng seyn, dafs es nur den mittleren, wegen der Nähe des Prismas noch nicht zerlegten Theil des Lichtbündels durchläfst.

Der eben beschriebene Versuch gestattet, alle erdenkbaren Farben hervorzubringen, und scheint mir geeignet, Alles zu prüfen, was man bisher über die Combination der Farben gesagt hat; denn er gewährt ein einfaches Mittel, alle einfachen und durch ihre Lage im Spectrum be-

simmten Strahlenarten in beliebigen Verhältnissen mit einander zu combiniren, mit eben der Strenge und Leichtigkeit wie durch Mischung von Farbstoffen.

*V. Ueber einige barometrische Beobachtungen  
und die Folgerungen zu denen sie veranlassen;  
von A. Erman.  
(Schluss von S. 289.)*

Von den nun folgenden zwei Zahlen-Tafeln giebt die erste für jede momentane Station die Höhe  $Z$  des in ihrer Verticale gelegenen Hülfspunktes und die Werthe der Barometerstände  $h$  und  $H$  und der Temperatur  $t$  und  $T$ , von denen der je erste an jener Station beobachtet, die zweiten aber für den Hülfspunkt aus den Beobachtungen an den permanenten Stationen berechnet sind.

Die zweite Tafel liefert in den ersten 15 Spalten das Mittel um respective aus der Temperatur  $T$  und dem Barometerstande  $H$ , die der Rechnung zu Grunde gelegten Temperaturen  $t' t'' \dots$  und Logarithmen der Barometerstände  $\gamma' \gamma'' \dots$ , an den einzelnen permanenten Stationen abzuleiten und zeigt in den übrigen Spalten: 1) um wie viel ein jeder dieser letzteren denjenigen Werth übertraf, den die angenommene Lage der Niveaulächen für denselben Punkt voraussetzt und 2) die Coëfficienten  $B$  und  $C$  aus denen diese Lage erkannt wird. Eine jede dieser zwei letzten Angaben ist wiederum doppelt vorhanden, nämlich so wie man sie ohne die Göttinger Beobachtungen und nach Hinzunahme derselben erhält.

Um die Ableitung der beobachteten Zahlen aus diesen Tafeln noch näher zu zeigen, wähle ich als Beispiel die Beobachtung No. 24. Es ist für diese nach *Tafel I*:

$$T = 16^{\circ},94 = \frac{[t']}{6} + [p't'].$$

Aus *Tafel 2* erhält man nun:

$t' - \frac{[t']}{6} - [p't'] = +2^{\circ},07$	und daher $t' = 19^{\circ},01$	für <i>Magdeburg</i>
$t'' - \frac{[t'']}{6} - [p't''] = +2^{\circ},27$	"	" <i>Halle</i>
$t''' - \frac{[t''']}{6} - [p't'''] = +0^{\circ},26$	"	" <i>Halberstadt</i>
$t^{iv} - \frac{[t^{iv}]}{6} - [p't^{iv}] = 0^{\circ},00$	"	" <i>Ilseburg</i>
$t^v - \frac{[t^v]}{6} - [p't^v] = -1^{\circ},94$	"	" <i>Clausthal</i>
$t^{vi} - \frac{[t^{vi}]}{6} - [p't^{vi}] = +0^{\circ},46$	"	" <i>Göttingen</i> .

Man hat ferner  $\log H = 2,51454 = \frac{[g']}{6} + [p'\mu']$ ,  $Z = 768,0$  nach *Tafel 1*, in *Tafel 2*:

	$Z - c^{(s)}$	$T + t^{(s)}$	Log. des Baromet- verstandes.	
$g' - \frac{[g']}{6} - [p'\mu'] = -61$	u. daher $g' = 2,51393$	$+ 586,50$	$35^{\circ},95$	$\gamma' = 2,52343$ für <i>Magdeburg</i>
$g'' - \frac{[g'']}{6} - [p'\mu''] = +57$	"	$g'' = 2,51511$	$+ 467,04$	$36,15$ $\gamma'' = 2,52268$ " <i>Halle</i>
$g''' - \frac{[g''']}{6} - [p'\mu'''] = +6$	"	$g''' = 2,51460$	$+ 353,05$	$34,14$ $\gamma''' = 2,51038$ " <i>Halberstadt</i>
$g^{iv} - \frac{[g^{iv}]}{6} - [p'\mu^{iv}] = -12$	"	$g^{iv} = 2,51442$	$+ 59,00$	$33,88$ $\gamma^{iv} = 2,51538$ " <i>Ilseburg</i>
$g^v - \frac{[g^v]}{6} - [p'\mu^v] = +9$	"	$g^v = 2,51463$	$- 956,90$	$31,94$ $\gamma^v = 2,49900$ " <i>Clausthal</i>
$g^{vi} - \frac{[g^{vi}]}{6} - [p'\mu^{vi}] = +19$	"	$g^{vi} = 2,51473$	$+ 303,16$	$34,34$ $\gamma^{vi} = 2,51967$ " <i>Göttingen</i> .

Die Reduction der  $g^{(n)}$  auf  $\gamma^{(n)}$  muß, so wie die bei der Rechnung gebrauchte umgekehrte, durch den Ausdruck:  $\gamma^{(n)} - g^{(n)} = \frac{1}{A} \cdot \log(Z - c^{(n)})$  geschehen, indem unter  $A$  derjenige von  $T + t^{(n)}$ , von der Polhöhe der betreffenden Station und von  $Z$  abhängige Werth des sogenannten hypsometrischen Coëfficienten verstanden ist, der, nach den zuverlässigsten Bestimmungen, in atmosphärischer Luft stattfindet, welche die Hälfte der zu ihrer Sättigung gehörigen Menge von Wasserdämpfen enthält. Die eben diesen Grundlagen entsprechenden Werthe, die unter anderen aus den Gauss'schen hypsometrischen Tafeln zu entnehmen sind, habe ich natürlich auch bei der früher erwähnten Ableitung von  $u = z - Z$  aus  $t + T$ ,  $h$  und  $H$  angewendet.

Nummer der Beobachtung.	Berliner mittlere Zeit der Beobachtung. 1851.		Bezeichnung der momentanen Station.
1	Aug. 15.	5 <sup>u</sup> 16'	<i>Halberstadt.</i> 60 Par. Fuß über den Schienen am Bahnhof
2	»	15. 11 25	<i>Wernigerode.</i> 2. Stock des Gasthofs: Deutsches Haus
3	»	15. 11 33	daselbst
4	»	15. 17 45	daselbst
5	»	15. 18 40	daselbst
6	»	15. 20 0	daselbst
7	»	16. 0 30	daselbst
8	»	15. 22 15	<i>Wernigeroder Schlossberg.</i> Höchster Punkt des Erdbodens
9	»	16. 1 27	Fluß <i>Holzemme.</i> 4,5 Par. F. üb. d. Sommerwasser b. der zweiten Brücke von <i>Wernigerode</i> nach <i>Ilsenburg</i>
10	»	16. 3 46	Au der <i>Kalkhütte</i> im <i>Klosterholz</i> bei <i>Drübeck</i>
11	»	16. 6 31	<i>Ilsenburg.</i> 47 Par. F. über dem Hüttenteich
12	»	16. 8 9	daselbst
13	»	16. 19 0	daselbst
14	»	16. 10 51	<i>Ilsenburg.</i> 5 Par. F. über dem Hüttenteich
15	»	16. 17 45	daselbst
16	»	16. 22 15	Gränze der Grauwacke und des bunten Sandsteins auf dem Wege zum <i>Ilstein</i>
17	»	16. 23 0	<i>Ilstein.</i> 5 Par. F. unter dem Fuß des Kreuzes
18	»	17. 0 0	7 Par. F. über dem Fluß <i>Ilse</i> ; oberhalb <i>Ilsenburg</i> an der Brücke
19	»	17. 1 45	Letzte höhere Röth-Tannen, auf dem Wege über <i>Buchhorst</i> zum <i>Brockenhaus</i>
20	»	17. 5 0	Im <i>Brockenhaus.</i> 2,5 Par. Fuß über dem Erdboden
21	»	17. 0 22	daselbst

## fel I.

Horizontal- Coordinationen.		Luft- temp	Logar. Barome- terstand.	Logar. Barome- terstand.	Luft- temp.	Höhe über d. Meere	Höhe der mo- ment. Station	
für die momentane Station				für d. Punkt in d. Ver- ticale d. moment. Stat.			über Z	üb. dem Meere
x	y	t	log h.	log H	T	Z	u	z
erste Rechn.				erste Rechnung			erste Rechnung	
zweite Rechn.				zweite Rechnung			zweite Rechnung	
+ 1,02	- 1,85	19°, 25	2,52039	2,51402	18°, 14	788,2	- 393,0	395,2
+ 1,91	+ 0,59			2,51675	18, 76	614,2	- 225,6	389,2
+ 0,16	- 4,46	12, 85	2,51474	2,50953	12, 63	1102,5	- 313,7	788,8
+ 1,05	- 2,02			2,51571	13, 17	719,9	+ 58,3	778,2
		12, 85	2,51482	2,50954	12, 57		- 318,0	784,5
				2,51579	13, 11		+ 53,3	778,2
		11, 40	2,51534	2,51012	11, 46		- 312,3	790,2
				2,51641	12, 11		+ 64,0	783,9
		12, 80	2,51586	2,51018	11, 65		- 338,1	764,4
				2,51655	12, 30		+ 41,4	761,3
		15, 40	2,51609	2,51038	12, 61		- 345,8	756,7
				2,51673	13, 31		+ 31,7	751,6
		17, 50	2,51610	2,51076	16, 56		- 328,0	774,5
				2,51697	18, 13		+ 53,4	773,3
+ 0,14	- 4,35	16, 00	2,51161	2,51083	14, 77	1092,4	- 47,8	1044,6
+ 1,03	- 1,91			2,51700	15, 77	716,0	+ 328,9	1044,9
+ 0,16	- 4,51	18, 15	2,51706	2,51070	16, 99	1107,7	- 391,6	716,1
+ 1,05	- 2,07			2,51693	18, 62	721,9	- 8,2	713,7
+ 0,38	- 5,20	17, 60	2,51183	2,50983	17, 01	1166,0	- 123,2	1042,8
+ 1,27	- 2,76			2,51633	18, 66	755,6	+ 277,5	1033,1
- 0,10	- 4,34	16, 33	2,51749	2,51084	15, 67	1091,0	- 406,2	684,8
+ 1,16	- 2,56			2,51629	16, 66	757,3	- 73,5	683,8
		15, 10	2,51723	2,51088	14, 11		- 376,6	714,4
				2,51625	15, 15		- 59,6	697,7
		13, 25	2,51678	2,51023	12, 75		- 394,5	697,5
				2,51564	13, 23		- 68,7	688,6
- 0,08	- 4,31	13, 10	2,51805	2,51079	13, 31	1086,8	- 442,2	644,1
+ 1,18	- 2,53			2,51620	13, 19	756,2	- 111,3	644,9
		12, 40	2,51793	2,51035	12, 31		- 455,3	631,5
				2,51573	12, 60		- 132,0	624,2
- 0,17	- 4,33	16, 20	2,51520	2,51009	16, 17	1093,4	- 312,6	780,8
+ 1,09	- 2,55			2,51549	17, 56	756,2	+ 18,0	774,2
- 0,28	- 4,42	17, 00	1,50571	2,50962	16, 95	1119,2	+ 239,8	1359,0
+ 0,98	- 2,64			2,51535	18, 19	760,9	+ 593,4	1354,3
- 0,43	- 4,61	16, 60	2,50710	2,50939	17, 39	1135,3	+ 140,5	1275,8
+ 0,83	- 2,83			2,51519	18, 87	765,2	+ 498,6	1263,8
- 0,40	- 4,88	12, 90	2,48373	2,50870	18, 13	1159,9	+ 1521,9	2681,8
+ 0,86	- 3,80			2,51478	19, 46	777,4	+ 1898,7	2676,1
- 1,06	- 4,82	11, 49	2,46997	2,50799	17, 31	1191,0	+ 2305,4	3496,4
+ 0,20	- 3,04			2,51472	18, 50	768,0	+ 2721,6	3489,6
		11, 23	2,46982	2,50797	17, 14		+ 2310,9	3501,9
				2,51465	18, 22		+ 2722,8	3490,8

Nummer der Beobachtung.	Berliner mittlere Zeit der Beobachtung. 1851.		Bezeichnung der momentanen Station.
22	Aug. 17.	5 <sup>u</sup> 50'	Im <i>Brockenhausse</i> . 2,5 Par. Fuß über dem Erdboden
23	»	17. 6 13	daselbst
24	»	17. 6 53	daselbst
25	»	17. 8 45	daselbst
26	»	17. 17 14	daselbst
27	»	17. 17 45	daselbst
28	»	17. 18 33	daselbst
29	»	17. 20 0	Obere Gränze von <i>Digitalis purpurea</i> auf dem Wege vom <i>Brockenhausse</i> nach <i>Schierke</i> .
30	»	17. 21 53	6,5 Par. F. über dem <i>Bodeflufs</i> an dem unteren Ende von <i>Schierke</i>
31	»	17. 22 37	<i>Bodeflufs</i> an der Gränze des Granit und des Hornfels zwischen <i>Schierke</i> und <i>Rothehütte</i>
32	»	18. 1 0	Obere Gränze von <i>Sambucus racemosa</i> , an der <i>Elbinger</i> Chaussée, hinter <i>Rothehütte</i>
33	»	18. 4 45	<i>Rübeland</i> . 16 Par. F. über dem Aufschlagwasser der Hütten
34	»	18. 7 19	daselbst
35	»	18. 9 34	daselbst
36	»	18. 17 49	daselbst
37	»	18. 18 16	daselbst
38	»	18. 18 43	daselbst
39	»	18. 18 58	daselbst
40	»	18. 19 53	daselbst
41	»	18. 23 59	daselbst
42	»	19. 0 48	daselbst
43	»	19. 2 41	<i>Bodeflufs</i> an der Gränze des Kalkes und Schiefers unterhalb <i>Rübeland</i>

Horizontal- Coordinaten		Luft- temp.	Logar. Barome- terstand	Logar. Barome- terstand	Luft- temp.	Höhe über d. Meere	Höhe der mo- ment. Stat.	
für die momentane Station				für d. Punkt in d. Ver- ticale d. moment. Stat.			über Z	üb. dem Meere
x	y	t	log h	log H	T	Z	u	z
erste Rechn. zweite Rechn.				erste Rechnung zweite Rechnung			erste Rechnung. zweite Rechnung	
		10°,84	2,46993	(2,50792	16°,76		+2296,5	3487,5)
				(2,51471	17,80		+2714,6	3482,6)
		10,74	2,46956	(2,50772	16,32		+2303,8	3494,8)
				(2,51460	17,30		+2726,5	3494,5)
		11,09	2,46951	(2,50772	16,00		+2307,6	3498,6)
				(2,51454	16,94		+2725,8	3493,8)
		10,03	2,46982	(2,50767	15,09		+2275,3	3466,3)
				(2,51445	15,68		+2686,9	3454,9)
		8,01	2,46941	(2,50734	12,23		+2253,9	3444,9)
				(2,51415	12,42		+2660,5	3428,5)
		8,20	2,46923	(2,50729	12,26		+2263,3	3454,3)
				(2,51413	12,43		+2670,9	3438,9)
-1,06	-4,82	8,71	2,46915	(2,50724	12,33	1191,0	+2267,7	3458,7)
+0,20	-3,04			(2,51411	12,20	768,0	+2676,3	3444,3)
-1,35	-4,80	9,99	2,48185	(2,50703	12,53	1206,2	+1504,2	2710,4)
-0,09	-3,02			(2,51417	12,86	762,5	+1932,7	2695,2)
-1,61	-4,34	11,53	2,49880	(2,50747	12,82	1175,3	+519,8	1695,1)
-0,35	-2,56			(2,51443	13,73	739,5	+940,1	1679,6)
-1,82	-4,19	12,33	2,50295	(2,50741	12,84	1171,3	+268,0	1439,3)
-0,56	-2,41			(2,51451	13,83	730,2	+696,8	1427,0)
-1,80	-3,55	14,00	2,50236	(2,50815	12,91	1109,7	+349,4	1459,1)
-0,54	-1,77			(2,51477	14,29	702,5	+751,8	1454,3)
-1,71	-2,75	14,00	2,50575	(2,50960	13,22	1027,3	+234,8	1262,1)
-0,45	-0,97			(2,51530	14,26	668,3	+580,9	1249,2)
		13,85	2,50567	(2,50984	12,61		+251,4	1278,7)
				(2,51553	13,73		+596,3	1264,6)
		12,85	2,50606	(2,51000	11,98		+236,6	1263,9)
				(2,51566	12,83		+578,0	1246,3)
		10,91	2,50621	(2,51175	10,05		+329,7	1357,0)
				(2,51778	10,89		+690,2	1358,5)
		10,65	2,50645	(2,51186	10,05		+321,8	1349,1)
				(2,51794	10,93		+685,1	1353,4)
		10,43	2,50759	(2,51225	10,23		+277,1	1304,4)
				(2,51812	11,06		+627,8	1296,1)
		10,37	2,50809	(2,51235	10,26		+253,3	1280,6)
				(2,51822	11,13		+603,9	1272,2)
		10,21	2,50851	(2,51252	10,50		+238,5	1265,8)
				(2,51857	11,47		+600,0	1268,3)
		12,85	2,51070	(2,51435	11,89		+218,1	1245,4)
				(2,52036	13,57		+579,0	1247,3)
		12,60	2,51107	(2,51452	12,51		+207,3	1234,6)
				(2,52057	13,82		+573,0	1241,3)
-1,65	-2,59	12,23	2,51216	(2,51560	13,10	1008,6	+206,9	1215,5)
-0,39	-0,81			(2,52127	14,24	662,1	+549,0	1211,6)

Nummer der Beobachtung.	Berliner mittlere Zeit der Beobachtung. 1851.		Bezeichnung der momentanen Station.
44	Aug. 19.	3 <sup>a</sup> 52'	Höchster Punkt der Chaussée von <i>Hüttenrode</i> nach <i>Altenbrak</i>
45	» 19.	6 54	4 Par. F. über dem <i>Bodeflufs</i> , unter der Brücke in <i>Treseburg</i>
46	» 19.	8 29	19 Par. F. über der <i>Bode</i> , vor dem Wirthshaus in <i>Treseburg</i>
47	» 19.	16 34	daselbst
48	» 19.	17 58	daselbst
49	» 19.	18 18	daselbst
50	» 19.	20 8	Höchster Punkt der <i>Wienroder</i> Chaussée auf der linken Wand des <i>Bodethales</i>
51	» 19.	21 18	Wirthshaus unter der Rolstrappe, 1 Par. F. über dem Erdboden
52	» 19.	22 43	4 Par. F. über dem <i>Bodeflufs</i> , in der Stadt <i>Thale</i>
53	» 20.	1 23	<i>Gernrode</i> . 7 Par. F. über dem Pflaster vor dem Gasthof: Deutsches Haus
54	» 20.	1 35	daselbst
55	» 20.	2 53	daselbst
56	» 20.	5 11	4 Par. F. über dem <i>Selkeflufs</i> , zwischen dem Drahtzug und dem Stahlhammer
57	» 20.	18 53	<i>Stollberg</i> . 26 Par. F. über dem Straßenpflaster des Marktes
58	» 20.	23 43	daselbst
59	» 20.	19 43	4 Par. F. über dem <i>Tyrafufs</i> in <i>Stollberg</i>
60	» 20.	21 30	<i>Auersberg</i> . Erdboden der höchsten Stelle
61	» 21.	5 58	<i>Ihlefeld</i> . 12 Par. F. über dem Straßenpflaster vor dem Gasthof: Goldne Krone
62	» 21.	9 29	daselbst
63	» 21.	18 48	daselbst
64	» 21.	21 23	<i>Rothchütte</i> . 4 Par. F. über dem Erdboden an der Kirche
65	» 21.	22 58	<i>Hohegeis</i> . 1,5 Par. F. über dem Erdboden an der Kirche

Horizontal- Coordinationen		Luft- temp.	Logar. Barome- terstand	Logar. Barome- terstand	Luft- temp.	Höhe über d. Meere	Höhe der mo- ment. Stat.	
für die momentane Station				für d. Punkt in d. Ver- ticale d. moment. Stat.			über Z	üb. dem Meere
x	y	t	log h	log H	T	Z	u	z
erste Rechn. zweite Rechn.				erste Rechnung zweite Rechnung			erste Rechnung zweite Rechnung	
-1,45	-2,07	12° 23	2,50689	2,51680	13° 28	947,0	+ 596,2	1543,2
-0,19	-0,29			2,52178	14° 07	641,9	+ 897,8	1539,7
-2,18	-1,39	11 31	2,51856	2,51776	12° 32	922,2	- 48,0	874,2
-0,92	+0,39			2,52287	12° 57	603,0	+ 258,5	861,5
-2,22	-1,40	10 30	2,51847	2,51815	11° 28	925,5	- 19,2	906,3
-0,96	+0,38			2,52316	11° 31	607,5	+ 279,8	887,3
		2 84	2,51890	2,51867	8° 03		- 13,4	912,1
				2,52383	7° 52		+ 282,3	889,8
		3 27	2,51906	2,51850	8° 06		- 32,6	892,9
				2,52375	7° 83		+ 273,9	881,4
		3 30	2,51909	2,51846	8° 09		- 36,7	888,8
				2,52369	7° 95		+ 268,9	876,4
-1,59	-1,42	8 89	2,51178	2,51871	9° 27	892,2	+ 409,7	1301,9
-0,33	+0,36			2,52371	9° 67	606,3	+ 707,4	1313,7
-1,91	-0,91	11 18	2,51157	2,51918	10° 21	860,8	+ 453,4	1314,2
-0,65	+0,87			2,52392	10° 94	581,5	+ 738,5	1320,0
-1,65	-0,52	13 72	2,52498	2,51991	11° 23	808,6	- 304,7	503,9
-0,39	+1,26			2,52402	11° 98	574,9	- 56,4	518,5
-2,14	+0,18	15 03	2,52108	2,52021	14° 65	768,4	- 53,0	715,4
-0,88	+1,96			2,52428	15° 54	534,8	+ 196,3	731,1
		15 03	2,52121	2,52017	14° 76		- 63,3	705,1
				2,52421	15° 57		+ 183,1	717,9
		14 16	2,52077	2,51999	15° 08		- 47,4	721,0
				2,52402	15° 85		+ 199,0	733,8
-3,40	+0,09	13 50	2,51749	2,51830	14° 08	847,4	+ 48,9	896,3
-2,14	+1,87			2,52397	15° 24	524,0	+ 393,1	917,1
-4,44	-1,67	9 77	2,51560	2,51336	9° 20	1072,5	- 132,7	939,8
-3,18	+0,14			2,52171	9° 71	587,2	+ 362,6	949,8
		15 74	2,51550	2,51314	14° 11		- 143,5	929,0
				2,52123	16° 21		+ 351,4	938,6
-4,35	-1,61	10 30	2,51558	2,51320	9° 81	1064,7	- 141,5	923,2
-3,09	+0,17			2,52157	10° 05	587,2	+ 357,0	944,2
-4,35	-0,94	13 28	2,50259	2,51421	11° 51	999,9	+ 697,9	1697,8
-3,09	+0,84			2,52179	12° 89	559,7	+ 1157,3	1717,0
-4,21	-3,08	13 30	2,51584	2,51063	14° 89	1198,8	- 315,5	883,3
-2,95	-1,30			2,51944	16° 33	651,9	+ 218,3	870,2
		10 83	2,51572	2,51027	13° 16		- 326,8	872,0
				2,51924	13° 81		+ 208,6	860,5
		9 40	2,51570	2,50991	10° 72		- 344,0	854,8
				2,51884	11° 49		+ 187,1	839,0
-3,33	-3,62	14 40	2,50127	2,50960	13° 35	1201,8	+ 503,8	1705,6
-2,07	-1,84			2,51823	14° 91	678,4	+ 1029,8	1708,2
-3,00	-4,24	15 25	2,49717	2,50887	15° 36	1244,1	+ 712,3	1956,4
-1,74	-2,46			2,51763	17° 42	709,5	+ 1252,0	1961,5

Nummer der Beobachtung.	Berliner mittlere Zeit der Beobachtung. 1851.		Bezeichnung der momentanen Station.
66	Aug. 22.	1 <sup>u</sup> 52'	3 Par. F. über dem <i>Oderflufs</i> unter der Brücke bei <i>Oderhaus</i>
67	» 22.	4 28	Bei <i>Andreasberg</i> . Höchster Punkt des Weges von <i>Oderhaus</i>
68	» 22.	5 44	<i>Andreasberg</i> . 20 Par. F. über dem Strafsenpflaster vor dem Rathhaus
69	» 22.	6 13	daselbst
70	» 22.	10 39	daselbst
71	» 22.	18 17	daselbst
72	» 22.	18 52	daselbst
73	» 23.	1 30	daselbst
74	» 23.	1 50	daselbst
75	» 22.	23 7	Zeichenhaus der Grube <i>Samson</i> bei <i>Andreasberg</i> , 5 Par. F. über der Diele
76	» 23.	4 20	4 Par. Fufs über dem <i>Rehbergergraben</i> an dem <i>Grabenhaue</i>
77	» 23.	7 8	9 Par. F. über dem <i>Oderteich</i>
78	» 23.	19 40	daselbst
79	» 23.	21 15	Torftrockenhaus zwischen dem <i>Oderteich</i> und <i>Clausthal</i>
80	» 24.	1 18	<i>Clausthal</i> im magnetischen Observatorium
81	» 24.	4 59	3 Par. F. über der Schwelle der Windmühle von <i>Clausthal</i>
82	» 24.	6 26	4 Par. F. über dem <i>Weissenwasser</i> in <i>Schulenberg</i>
83	» 24.	7 33	3 Par. F. über dem <i>Weissenwasser</i> bei dessen Eintritt in den <i>Okerflufs</i>
84	» 24.	10 33	17,5 Par. Fufs über dem <i>Okerflufs</i> in der Stadt <i>Oker</i>
85	» 24.	18 4	daselbst

Horizontal- Coordinaten		Luft- temp.	Logar. Barome- terstand.	Logar. Barome- terstand	Luft- temp.	Höhe über d. Meere	Höhe der mo- ment. Stat.	
für die momentane Station				für d. Punkt in d. Ver- ticale d. moment. Stat.			über Z	üb. dem Meere
x	y	t	log h	log H	T	Z	u	z
erste Rechn. zweite Rechn.				erste Rechnung zweite Rechnung			erste Rechnung zweite Rechnung	
- 2,54	- 4,96	18°, 87	2,50726	2,50797	18°, 09	1287,1	+ 43,8	1330,9
- 1,28	- 3,18			2,51662	20, 07	746,5	+ 580,9	1327,4
- 2,50	- 5,59	15, 92	2,49472	2,50656	17, 68	1364,2	+ 725,8	2090,0
- 1,24	- 3,81			2,51593	19, 48	775,5	+ 1306,1	2081,6
- 2,45	- 5,63	15, 80	2,49884	2,50677	17, 42	1346,4	+ 485,7	1832,1
- 1,19	- 3,85			2,51587	19, 17	776,7	+ 1047,7	1824,3
		14, 50	2,49884	2,50673	16, 95		+ 481,3	1827,7
				2,51579	18, 09		+ 1037,1	1813,7
		13, 00	2,49889	2,50635	14, 80		+ 451,2	1797,6
				2,51579	14, 39		+ 1016,7	1793,3
		12, 63	2,49860	2,50607	13, 17		+ 449,7	1796,1
				2,51552	12, 78		+ 1018,0	1794,6
		12, 70	2,49848	2,50605	13, 33		+ 455,9	1802,3
				2,51548	13, 05		+ 1023,5	1800,1
		18, 60	2,49830	2,50568	18, 82		+ 456,4	1802,8
				2,51489	20, 67		+ 1030,7	1807,3
		18, 60	2,49819	2,50545	18, 90		+ 450,1	1796,5
				2,51477	20, 97		+ 1030,8	1807,4
- 2,39	- 5,57	16, 90	2,49756	2,50597	16, 65	1337,7	+ 515,5	1853,2
- 1,13	- 3,79			2,51507	18, 58	778,6	+ 1078,5	1857,1
- 2,08	- 5,47	16, 90	2,49238	2,50587	18, 42	1310,7	+ 830,3	2141,0
- 0,82	- 4,69			2,51362	19, 70	819,2	+ 1310,8	2130,0
- 1,58	- 5,47	13, 28	2,49008	2,50628	17, 62	1279,7	+ 987,0	2266,6
- 0,32	- 3,69			2,51260	18, 44	877,7	+ 1374,9	2252,7
		11, 79	2,49017	2,50676	13, 28		+ 997,0	2276,7
				2,51304	14, 37		+ 1378,4	2256,1
+ 0,07	- 4,93	12, 11	2,48568	2,50239	13, 42	1518,1	+ 1005,4	2523,5
- 0,34	- 4,49			2,51358	15, 64	842,7	+ 1687,5	2530,2
+ 0,53	- 6,14	16, 80	2,49908	2,50092	16, 90	1604,3	+ 112,8	1717,1
+ 0,12	- 5,70			2,51232	18, 30	908,2	+ 814,2	1722,4
+ 0,55	- 6,15	16, 25	2,49716	2,50085	16, 55	1598,7	+ 225,8	1824,5
+ 0,14	- 5,71			2,51222	17, 37	909,7	+ 923,5	1833,2
+ 1,00	- 5,26	14, 52	2,50411	2,50456	15, 17	1272,3	+ 27,3	1399,6
+ 0,59	- 4,82			2,51242	15, 93	908,8	+ 506,3	1415,1
+ 1,18	- 5,10	11, 27	2,50877	2,50549	14, 70	1310,2	- 197,5	1112,7
+ 0,77	- 4,66			2,51124	15, 19	975,6	+ 148,8	1124,4
+ 2,09	- 4,89	11, 35	2,51581	2,50893	13, 55	1086,9	- 413,3	673,6
+ 1,68	- 4,45			2,51118	13, 54	961,8	- 278,3	683,5
		11, 09	2,51504	2,50893	11, 12		- 373,3	713,6
				2,51102	11, 12		- 240,1	721,7

Nummer der Beobachtung.	Zu den Lufttemperaturen, in Réaumur. Graden.							Zu den Barometern		
	$t^{(n)} - \frac{[t]}{n}$							$\mu^{(n)} = g^{(n)}$		
	nach der zweiten Rechnung für die Orte							n. d. zweiten Rech.		
	Magdeburg	Halle	Halberstadt	Ilzenburg	Clausthal	Göttingen	[pt]	Magdeburg	Halle	Halberstadt
1	+1,36	+1,46	+0,36							
2	+1,36	+1,46	+0,36		-3,89	+0,71	-0,13	-97	+69	+12
3	-0,08	+0,78	+0,89		-2,02	+0,43	-0,24	-66	+45	+10
4	-0,03	+0,80	+0,90		-2,01	+0,34	-0,24	-69	+40	+5
5	+0,27	+0,82	-0,13		-1,63	+0,67	-0,22	-33	+38	-7
6	+0,22	+0,94	-0,06		-1,76	+0,66	-0,26	-45	+38	-10
7	+0,48	+0,58	+0,58		-2,12	+0,48	-0,21	-57	+32	-4
8	+1,73	-0,82	+2,88		-4,62	+0,83	+0,01	-82	+13	+25
9	+1,09	-0,21	+1,99		-3,41	+0,55	-0,14	-77	+19	+9
10	+1,55	-0,53	+2,83		-4,87	+1,02	-0,05	-87	+14	+21
11	+1,03	-0,23	+2,78		-4,72	+1,15	-0,16	-85	+21	+25
12	+1,06	-0,20	+1,65	-0,42	-3,04	+0,95	-0,09	-77	+30	+6
13	+0,72	+0,13	+1,23	-0,17	-2,22	+0,31	-0,12	-57	+14	+4
14	+0,68	+0,18	+0,18	-0,04	-1,32	+0,32	-0,09	-81	+29	-16
15	+0,35	+0,75	+1,05	-0,41	-0,65	-1,09	-0,26	-43	+42	-20
16	+0,88	+0,18	+0,02	+0,10	-0,87	-0,31	-0,07	-77	+16	-21
17	+0,34	-0,95	+3,47	-0,58	-4,24	+1,96	-0,02	-65	+18	-3
18	+0,54	-0,71	+3,86	-0,65	-4,66	+1,62	-0,07	-62	+22	+2
19	+0,74	-0,40	+4,15	-0,59	-4,85	+0,95	-0,18	-59	+28	+8
20	+1,20	+0,30	+3,50	-0,55	-4,60	+0,15	-0,38	-43	+33	+11
21	+1,46	+1,16	+1,62	-0,50	-3,49	-0,25	-0,49	-51	+45	+10
	+1,55	+1,83	+1,25	-0,48	-3,30	-0,35	-0,53	-52	+47	+10

## fel II.

terständen, in Einheiten der 5ten Stelle ihrer Briggschen Logarithmen.

$-\frac{[g]}{n}$			[pμ]	$f^{(n)}$ oder zurückbleib. Fehler in den Logarithmen der Barometerstände						Zuwächse der Logar. d. Barometerst. für eine geogr. M. gegen Norden   Osten	
nung für d. Orte:				nach der ersten Rechnung nach der zweiten Rechnung für die Orte:						B	C
				Mag- deburg.	Halle	Hal- berst.	Isen- burg	Claus- thal	Göt- tingen	erste Rechnung	zweite Rechn.
Isen- burg	Claus- thal	Göttingen		- 10	- 4	+ 24		- 10		- 17,4	- 1,7
	+ 9	+ 7	- 26	- 31	+ 2	+ 36		+ 21	- 28	- 13,3	+ 1,2
				- 7	- 3	+ 19		- 9		- 11,9	- 1,8
	+ 13	- 2	- 10	- 20	+ 5	+ 27		+ 22	- 34	- 8,6	+ 0,6
				- 6	- 1	+ 20		- 13		- 11,7	- 1,9
	+ 32	- 8	- 8	- 24	+ 6	+ 19		+ 34	- 35	- 7,9	+ 0,1
				- 3	- 1	- 1		+ 5		- 7,4	+ 0,2
	+ 8	- 6	- 8	- 8	+ 5	+ 3		+ 16	- 16	- 5,7	+ 1,0
				- 1	0	+ 4		- 3		- 8,8	+ 0,2
	+ 3	+ 14	- 9	- 2	0	+ 5		+ 8	- 11	- 7,7	+ 0,4
				- 5	0	+ 13		- 8		- 9,1	- 0,9
	- 6	+ 35	- 8	- 4	+ 3	+ 13		- 7	- 5	- 8,6	- 0,9
				- 17	- 3	+ 41		- 21		- 9,2	- 3,1
	- 6	+ 50	- 5	- 33	+ 5	+ 39		- 15	+ 4	- 6,7	- 2,2
				- 10	- 3	+ 25		- 12		- 8,2	- 1,7
	- 4	+ 57	- 6	- 20	- 7	+ 41		- 4	- 10	- 9,8	- 2,1
				- 29	- 5	+ 38		- 13		- 9,7	- 3,1
	+ 4	+ 47	- 5	- 21	- 2	+ 39		- 7	- 9	- 9,2	- 2,5
				- 20	- 6	+ 39		- 13		- 10,5	- 3,3
	+ 3	+ 36	- 7	- 26	- 1	+ 43		- 3	- 13	- 9,1	- 1,7
				- 13	- 3	+ 16	+ 28	- 28		- 10,8	- 3,1
+ 28	- 1	+ 14	- 10	- 31	+ 2	+ 20	+ 35	- 3	- 23	- 8,0	- 0,7
				- 5	- 1	+ 11	+ 1	- 6		- 6,4	- 0,2
+ 10	+ 8	+ 21	- 4	- 17	+ 1	+ 15	+ 14	+ 2	- 15	- 5,9	- 1,3
				- 3	0	- 2	+ 13	- 8		- 10,8	- 4,5
+ 16	+ 22	+ 30	- 4	- 19	+ 5	+ 2	+ 23	+ 12	- 23	- 9,6	- 1,9
				+ 2	0	- 7	+ 2	+ 3		- 7,8	- 1,6
- 8	+ 17	+ 12	- 9	- 7	+ 7	- 8	+ 1	+ 20	- 13	- 7,3	+ 0,3
				0	- 1	- 7	+ 15	- 7		- 10,2	- 4,2
+ 14	+ 22	+ 46	- 4	- 10	+ 3	- 2	+ 17	+ 6	- 14	- 9,2	- 2,9
				- 7	- 4	+ 7	+ 19	- 15		- 8,7	- 3,2
+ 17	+ 3	+ 30	- 3	- 17	+ 2	+ 12	+ 21	- 5	- 13	- 7,2	- 1,7
				- 8	- 2	+ 19	+ 3	- 12		- 8,1	- 2,5
+ 7	- 1	+ 32	- 4	- 14	0	+ 16	+ 13	- 6	- 9	- 7,7	- 1,2
				- 8	- 2	+ 19	0	- 9		- 7,7	- 3,4
+ 4	- 6	+ 25	- 4	- 18	0	+ 21	+ 12	- 8	- 7	- 7,4	- 0,5
				- 11	- 3	+ 22	+ 6	- 14		- 6,1	- 0,8
+ 6	- 6	- 1	- 5	- 19	+ 2	+ 19	+ 15	- 1	- 16	- 5,6	+ 0,7
				- 9	- 5	+ 20	+ 1	- 7		- 9,5	- 0,3
- 2	0	- 2	- 3	- 22	+ 3	+ 22	+ 9	+ 7	- 19	- 7,0	+ 1,1
				- 6	0	+ 18	- 1	- 11		- 9,8	- 1,2
- 2	- 1	- 2	- 4	- 23	+ 5	+ 22	+ 9	+ 6	- 19	- 7,0	+ 1,1

Nummer der Beobachtung.	Zu den Lufttemperaturen, in Réaum. Graden.							Zu den Barome		
	$t^{(n)} - \frac{[t]}{n}$							$\mu^{(n)} = g^{(n)}$		
	nach der zweiten Rechnung für die Orte							n. d. zweiten Rech		
	Magdeburg	Halle	Halberstadt	Ilseburg	Clausthal	Göttingen	[pt]	Magdeburg	Halle	Halberstadt
22	+1,65	+1,65	+0,15	-0,25	-2,94	-0,26	-0,55	-56	+49	+7
23	+1,64	+1,86	-0,26	-0,46	-2,61	-0,17	-0,56	-62	+49	+16
24	+1,55	+1,75	-0,26	-0,52	-2,46	-0,06	-0,52	-64	+54	+3
25	+0,68	+1,18	+0,29	-0,19	-1,85	-0,11	-0,34	-88	+62	0
26	+0,74	+0,09	+1,66	+0,28	-15,1	-1,26	-0,24	-101	+34	+16
27	+0,68	+0,03	+1,75	+0,30	-1,51	-1,25	-0,24	-96	+33	+9
28	+0,79	+0,01	+1,69	+0,42	-1,71	-1,20	-0,21	-94	+31	+7
29	+0,91	+0,02	+1,62	+0,24	-1,59	-1,20	-0,23	-86	+33	+5
30	+1,24	-0,41	+1,09	+0,08	-1,71	-0,29	+0,02	-71	+35	+11
31	+1,53	-0,57	+0,83	-0,07	-1,82	+0,10	-0,14	-68	+43	+17
32	+2,34	-0,76	+0,44	-0,25	-2,26	+0,49	-0,17	-44	+56	+34
33	+2,10	-0,80	+1,10	-0,36	-2,65	+0,61	-0,14	-45	+53	+18
34	+1,16	-0,54	+1,86	-0,29	-2,94	+0,75	-0,12	-69	+40	-4
35	+0,78	-0,02	+2,38	-0,22	-3,02	+0,10	-0,09	-78	+40	-9
36	+0,80	+0,60	+2,30	-0,33	-3,30	-0,07	-0,11	-29	-40	-21
37	+0,82	+0,57	+2,26	-0,37	-3,34	+0,06	-0,11	-16	-47	-19
38	+0,73	+0,53	+2,43	-0,34	-3,42	+0,07	-0,11	-2	-51	-30
39	+0,75	+0,55	+2,40	-0,35	-3,45	+0,10	-0,12	-2	-58	-20
40	+0,86	+0,50	+2,41	-0,44	-3,59	+0,26	-0,12	+2	-56	-14
41	+2,00	+0,25	+1,65	-0,57	-3,70	+0,37	-0,18	-65	-39	+23
42	+2,02	+0,12	+1,52	-0,50	-3,53	+0,37	-0,16	-73	-29	+27
43	+1,51	+0,01	+0,96	-0,47	-2,79	+0,78	-0,08	-100	+5	+37

terständen, in Einheiten der 5ten Stelle ihrer Briggschen Logarithmen.

$\frac{[g]}{n}$				[p $\mu$ ]	$f^{(n)}$ oder zurückbleib. Fehler in den Logarithmen der Barometerstände							Zuwächse der Logar. d. Baro- meterst. für eine geogr. M. gegen Norden    Osten					
nung für d. Orte:					nach der ersten Rechnung nach der zweiten Rechnung für die Orte:							B	C				
					Mag- deburg	Halle	Hal- berst.	Isen- burg	Claus- thal	Göt- tingen	erste Rechnung	zweite Rechn.					
Isen- burg	Claus- thal	Göttingen															
- 4	+	1	+	3	- 4	- 5	- 2	+15	- 2	- 6	-18	-10,8	- 0,3				
						- 22	+	3	+19	+	8	+10	- 8,0	+ 1,1			
						- 5		2	+14	- 4	- 3	-11,7	- 0,5				
-11	+	3	+	5	- 3	- 23	+	2	+29	+	2	+10	-20	- 8,6	+ 0,9		
						- 4		0	+14	- 9	- 1	-12,3	- 0,8				
-15	+	6	+	16	- 3	- 18	+	2	+19	- 1	+13	-15	-10,0	+ 0,8			
						- 2		0	+23	-28	+ 7	-15,9	- 1,3				
-40	+	16	+	50	- 1	- 11	+	1	+24	-24	+19	- 9	-14,6	- 0,3			
						- 12		3	+35	- 6	-14	-14,0	- 4,1				
- 6	+	20	+	37	+	3	- 28	+	3	+37	+	2	+11	-25	-11,5	- 2,0	
						- 10		4	+29	- 4	-11	-13,8	- 3,9				
- 6	+	19	+	41	+	3	- 25	+	2	+30	+	2	+10	-19	-11,3	- 1,9	
						- 11		2	+26	+	4	-17	-13,1	- 3,7			
+ 1	+	16	+	39	+	4	- 25	+	1	+28	+	9	+	7	-20	-10,9	- 1,9
						- 7		3	+20	- 1	- 9	-12,5	- 4,2				
+ 1	+	10	+	37	+	6	- 22	+	1	+24	+	9	+	3	-16	-10,4	- 1,5
						- 8		1	+24	- 7	- 8	-10,7	- 2,4				
-10	+	8	+	27	+	5	- 20	+	2	+27	+	1	+	6	-16	- 9,0	- 0,7
						- 7		0	+27	-15	- 5	-10,6	- 1,9				
-17	+	6	+	19	+	1	- 21	+	1	+32	- 6	+	9	-15	- 9,2	+ 0,1	
						- 9		4	+61	-54	+	6	- 8,5	- 0,4			
-50	+	16	- 12	+	2	- 21	+	2	+44	-36	+30	-19	- 7,3	+ 2,3			
						- 1		0	+21	-27	+	7	-10,4	- 1,1			
-37	+	20	- 9	+	2	- 21	+	5	+28	-24	+32	-20	- 7,0	+ 1,8			
						- 2		1	+	7	0	- 4	-12,0	- 3,2			
-10	+	26	+	17	+	5	- 20	+	7	+10	- 1	+25	-21	- 8,7	- 0,5		
						+	2	- 2	+	1	0	- 1	-13,5	- 4,3			
- 6	+	40	+	14	+	5	- 22	+	6	+	9	+	2	+36	-31	- 9,7	- 0,9
						- 5		1	-27	+53	-20	- 0,1	- 5,9				
+51	+	26	+	13	+	3	- 22	+	23	-26	+39	+	5	-19	+ 1,7	- 3,8	
						- 8		1	-17	+45	-12	+ 2,2	- 4,7				
+55	+	25	+	2	+	1	- 12	+	4	-20	+41	+	3	-16	+ 3,8	- 3,6	
						- 3		1	-33	+60	-23	+ 3,9	- 5,4				
+69	+	23	- 9	0		- 10	+	7	-36	+53	+	7	-17	+ 5,7	- 3,4		
						- 4		1	-34	+62	-23	+ 4,5	- 5,6				
+71	+	25	- 16	0		- 16	+	6	-28	+54	+	5	-21	+ 7,0	- 3,4		
						- 4		1	-29	+53	-19	+ 4,7	- 5,2				
+66	+	26	- 24	0		- 17	+	6	-23	+49	+	8	-23	+ 7,4	- 3,0		
						- 19		5	+37	+18	-31	- 2,6	- 4,7				
+ 4	- 8	+	85	+	7	- 4	- 9	+38	- 4	-37	+16	- 4,9	- 5,3				
						+	13	-45	+50	+15	-33	- 9,0	- 5,8				
- 8	- 7	+	90	+	7	- 5	- 10	+43	-16	-28	+16	- 6,6	- 5,1				
						- 19		6	+59	-17	-17	-10,9	- 4,2				
-25	+	5	+	78	+	7	- 18	- 6	+60	-22	-15	+ 1	-11,1	- 3,8			

Nummer der Beobachtung.	Zu den Lufttemperaturen, in Réaum. Graden.							Zu den Barome		
	$t^{(n)} - \frac{[t]}{n}$							$\mu^{(n)} = g^{(n)}$		
	nach der zweiten Rechnung für die Orte							n. d. zweiten Rech		
	Magdeburg	Halle	Halberstadt	Ilseburg	Clausthal	Göttingen	[pt]	Magdeburg	Halle	Halberstadt
44	+0,91	+0,11	+1,01	-0,34	-2,49	+0,80	-0,02	-100	+27	+29
45	-0,91	-0,61	+1,79	+0,05	-1,41	+1,09	-0,04	-71	+40	+8
46	-0,89	-1,29	+2,20	+0,40	-0,90	+0,48	-0,18	-53	+36	-2
47	+0,86	-0,44	+0,86	+0,97	+0,46	-2,71	-0,22	-49	+10	-4
48	+0,73	-0,62	+0,63	+0,78	+0,28	-1,80	-0,17	-43	+15	+2
49	+0,59	-0,71	+0,49	+0,66	+0,23	-1,26	-0,16	-43	+21	+6
50	+0,41	-1,19	+1,05	+0,11	-1,19	+0,81	-0,12	-52	0	-12
51	+0,04	-1,27	+1,64	-0,09	-1,86	+1,54	-0,02	-28	+29	+5
52	-0,05	-1,35	+1,87	-0,25	-2,30	+2,08	-0,07	-30	+22	0
53	+1,34	-1,18	+2,42	-0,22	-3,08	+0,72	+0,01	+12	+36	+8
54	+1,31	-1,19	+2,36	-0,17	-2,99	+0,68	-0,12	+18	+42	+9
55	+1,24	-0,91	+2,15	-0,21	-2,91	+0,64	-0,06	+40	+42	+15
56	+0,88	-0,97	+1,93	-0,21	-2,61	+0,98	-0,01	+57	+38	0
57	+2,29	-2,11	+0,33	+0,91	+0,49	-1,91	-1,00	+25	-8	-21
58	+2,23	-0,47	+0,83	-0,62	-3,27	+1,30	-0,36	-15	+18	+5
59	+2,31	-1,99	+0,09	+0,78	+0,21	-1,39	-1,34	+19	-10	-15
60	+2,06	-2,14	-0,69	+0,07	-0,64	+1,34	-0,75	+17	+15	-6
61	+0,24	-0,84	+1,94	-0,21	-2,36	+1,29	-0,03	-19	+63	-18
62	-0,64	-1,86	+1,71	+0,32	-0,79	+1,26	-0,08	+19	+43	-33
63	+1,61	-1,24	+0,56	+0,22	-0,94	-0,21	-0,75	-8	+37	-44
64	+1,74	-1,36	+0,74	-0,32	-2,36	+1,56	-0,35	-35	+40	-38
65	+1,82	-1,54	+1,31	-0,67	-3,28	+2,36	-0,27	-46	+42	-37

terständen, in Einheiten der 5ten Stelle ihrer Briggschen Logarithmen.

$\frac{[g]}{n}$					$[p\mu]$	$f^{(n)}$ oder zurückbleib. Fehler in den Logarithmen der Barometerstände							Zuwächse der Logar. d. Baro- meterst. für eine geogr. M. gegen Norden Osten B C							
nung für d. Orte:					nach der ersten Rechnung nach der zweiten Rechnung für die Orte:							erste Rechnung zweite Rechn.								
Ilse- burg	Claus- thal	Göttingen			Mag- deburg.	Halle	Hal- berst.	Ilse- burg	Claus- thal	Göttingen										
-20	+	3	+	61	+	5	-14	-	4	+	49	-12	-19	-	3	-13,2	-3,5			
							-23	-	4	+	51	-13	-8	-	3	-12,0	-2,3			
							-1	-	2	+	19	-28	+	12	-	-	9,7	-5,1		
-24	+	51	-	4	+	2	-29	+	6	+	21	-14	+	50	-34	-	8,0	-0,1		
							+	4	-	1	+	2	-17	+	12	-	-	11,7	-2,8	
-7	+	46	-	20	+	4	-26	+	10	+	7	0	+	48	-39	-	5,5	+0,2		
							+	2	-	1	-	3	0	+	2	-	8,9	-3,7		
+10	+	35	-	2	+	4	-20	+	6	+	4	+	12	+	28	-30	-	3,9	-1,3	
							+	1	0	+	5	-	9	+	3	-	-	7,0	-3,1	
-4	+	29		0	+	4	-18	+	7	+	9	-	2	+	25	-21	-	3,8	-0,8	
							+	2	0	+	10	-23	+	11	-	-	-	7,3	-2,6	
-20	+	31	+	5	+	5	-15	+	3	+	14	-15	+	31	-18	-	4,9	-0,4		
							+	1	+	1	+	20	-37	+	15	-	-	6,8	-0,3	
+35	-	5	+	34	+	1	-13	0	-	2	+	35	-16	-	4	-	4,8	-2,2		
							0	0	+	24	-38	+	14	-	-	-	5,8	+1,2		
-54	-	54	+	102	+	7	+	30	-	10	+	24	-44	-56	+	56	-	10,3	-0,6	
							-4	-	2	+	28	-34	+	12	-	-	-	4,4	+2,7	
-67	-	32	+	107	+	4	+	33	-	9	+	19	-58	-38	+	53	-	10,4	-1,4	
							-9	-	4	+	31	-18	0	+	-	+	1,0	+8,0		
-53	-	61	+	58	+	10	+	33	-	11	+	17	-40	-49	+	50	-	6,6	+1,9	
							-9	-	3	+	30	-15	-3	+	-	+	1,4	+8,2		
-51	-	72	+	54	+	10	+	34	-	11	+	17	-37	-56	+	53	-	6,4	+2,6	
							-6	-	2	+	25	-14	-3	+	-	+	3,1	+8,6		
-41	-	75	+	19	+	13	+	19	0	+	16	-27	-50	+	42	-	2,9	+3,9		
							-2	-	0	+	13	-13	+	2	+	-	+	4,8	+8,6	
-42	-	49	-	4	+	9	+	33	0	-	4	-32	-27	+	30	-	0,2	+3,8		
							+	13	+	5	-23	-14	+	19	+	-	+	3,3	-0,3	
-10	+	17	-	3	+	5	+	15	+	2	-24	-12	+	16	+	3	+	2,1	-0,1	
							-5	-	0	+	7	+	6	-	8	-	-	1,3	+1,8	
+5	-	25	+	12	+	14	-	5	+	2	+	9	+	10	-22	+	6	-	3,1	+0,7
							+	12	+	4	-17	-14	+	15	+	-	+	3,1	-0,6	
-14	+	14	+	6	+	10	+	15	0	-17	-17	-12	+	7	+	-	1,3	-0,5		
							-2	-	0	-3	+	9	-4	+	-	+	2,6	+3,2		
-8	-	45	+	27	+	3	+	16	-18	-4	+	1	-32	+	37	-	-	2,6	+2,2	
							+	7	+	2	-7	-19	+	17	-	-	-	8,0	+2,1	
-35	+	7	+	2	+	19	+	2	+	4	-9	-15	+	27	-	9	-	7,6	+2,3	
							+	18	+	7	-31	-28	+	34	-	-	-	3,0	+2,6	
-39	+	14	-	4	+	9	+	26	+	10	-29	-29	+	25	-	3	-	3,8	+1,8	
							+	14	+	2	-38	+	6	+	16	-	-	5,0	+0,6	
+2	+	11	+	2	+	12	+	9	+	5	-36	+	11	+	18	-	7	-	4,7	+1,0
							+	13	+	6	-49	+	23	+	7	-	-	8,1	-0,1	
+11	-	2	+	24	+	18	+	3	+	5	-26	+	20	+	1	-	3	-	7,6	+0,2
							-2	-	3	-20	+	42	-17	-	-	-	-	9,3	-0,1	
+30	-	23	+	34	+	19	+	2	+	3	-24	+	40	-21	0	-	-	8,8	-0,1	

Nummer der Beobachtung.	Zu den Lufttemperaturen, in Réaum. Graden.							Zu den Barome		
	$t^{(n)} - \frac{[t]}{n}$							$\mu^{(n)} = g^{(n)}$		
	nach der zweiten Rechnung für die Orte							n. d. zweiten Rech		
	Magdeburg	Halle	Halberstadt	Ilseburg	Clausthal	Göttingen	[pt]	Magdeburg	Halle	Halberstadt
66	+ 0,18	+ 0,15	- 2,40	- 0,70	- 3,85	+ 1,82	- 0,03	- 60	+ 31	- 21
67	+ 0,14	+ 0,54	+ 1,59	- 0,62	- 3,19	+ 1,54	+ 0,02	- 44	+ 32	- 17
68	+ 0,16	+ 0,66	+ 1,56	- 0,60	- 3,14	+ 1,36	- 0,07	- 55	+ 33	- 15
69	+ 0,10	+ 0,69	+ 1,29	- 0,36	- 2,51	+ 0,79	- 0,12	- 45	+ 37	- 14
70	+ 0,01	+ 0,06	+ 1,11	+ 0,52	- 0,44	- 1,26	- 0,30	- 38	+ 18	- 12
71	+ 0,76	- 1,04	- 0,24	+ 0,89	+ 0,56	- 0,93	- 0,26	- 43	+ 25	- 20
72	+ 0,69	- 0,61	- 0,11	+ 0,57	+ 0,33	- 0,87	- 0,27	- 44	+ 23	- 22
73	+ 0,73	- 0,22	+ 4,33	- 0,59	- 4,97	+ 0,70	- 0,80	- 24	+ 23	+ 30
74	+ 0,78	- 0,02	+ 4,18	- 0,60	- 4,97	+ 0,63	- 0,55	- 29	+ 33	+ 29
75	+ 0,68	- 0,82	+ 3,18	- 0,43	- 3,82	+ 1,21	- 0,24	- 42	+ 27	+ 3
76	+ 0,93	+ 1,38	+ 3,23	- 0,22	- 3,76	- 1,56	- 0,87	- 32	+ 40	+ 2
77	+ 1,07	- 0,06	+ 1,83	- 0,15	- 2,62	- 0,03	- 0,43	- 41	+ 39	- 25
78	+ 0,96	+ 0,76	+ 0,06	- 0,47	- 2,24	+ 0,93	- 0,37	- 61	- 3	- 27
79		+ 0,78	+ 0,48	- 0,50	- 2,64	+ 1,88	+ 0,02		+ 4	- 8
80		+ 0,87	+ 1,37	- 0,09	- 2,13	- 0,02	- 0,63		+ 19	- 5
81		+ 1,92	+ 1,02	- 0,04	- 2,03	- 0,87	- 1,01		+ 34	- 9
82		+ 1,61	+ 1,51	+ 0,34	- 2,69	- 0,77	- 0,86		+ 31	- 11
83		+ 1,44	+ 1,64	+ 0,31	- 2,46	- 0,93	- 0,77		+ 33	- 18
84		+ 0,83	+ 1,13	- 0,03	- 0,97	- 0,96	- 0,07		+ 40	- 33
85		+ 0,33	+ 1,33	+ 0,02	- 1,35	- 0,33	- 0,21		- 28	- 26

terständen, in Einheiten der 5ten Stelle ihrer Briggschen Logarithmen.

$\frac{[g]}{n}$ nung für d. Orte:				$f^{(n)}$ oder zurückbleib. Fehler in den Logarithmen der Barometerstände nach der ersten Rechnung nach der zweiten Rechnung für die Orte:						Zuwächse der Logar. d. Baro- meterst. für eine geogr. M. gegen Norden   Osten B   C erste Rechnung zweite Rechn.	
Ilse- burg	Claus- thal	Göttingen		Mag- deburg.	Halle	Hal- berst.	Ilse- burg	Claus- thal	Göttingen		
+41	-18	+27	+16	-9	-7	-9	+50	-25		-9,3	-1,2
				-14	-11	-6	+48	-7	-10	-8,2	-0,6
				-9	-5	-1	+32	-17		-9,4	-1,3
+30	-10	+9	+11	-15	+3	-11	+37	-2	-12	-6,0	+0,3
				-6	-4	-4	+31	-17		-9,2	-1,4
+31	-5	+11	+14	-18	+3	-3	+39	-3	-18	-7,0	-0,1
				-1	-2	-7	+16	-6		-9,0	-1,4
+21	-6	+7	+12	-13	+3	-3	+29	-3	-13	-6,9	+0,4
				+2	0	-15	+13	0		-7,0	-0,6
-7	+5	+34	+14	+2	+2	-1	-1	-2	0	-6,2	-1,1
				+4	0	-18	+11	+3		-8,2	-1,2
+4	+5	+29	+17	+2	+1	-7	+2	+10	-4	-7,1	-0,7
				+2	0	-14	+13	-1		-7,3	-1,2
+7	+6	+30	+17	-1	+4	-9	+11	+1	-6	-6,8	-1,1
				-7	-2	+39	-34	+4		-5,1	+0,4
-41	+13	-1	+5	-11	-1	+35	+19	-33	-9	-3,7	+0,2
				-4	-2	+36	-38	+8		-6,0	-0,7
-42	+11	-2	+6	-13	+1	+35	-33	+19	-9	-4,6	+1,2
				-4	-2	+19	-13	0		-6,9	+0,4
-25	+1	+36	+13	-3	-4	+15	-15	+2	+5	-7,5	-0,2
				-1	+8	+10	-35	+18		-6,4	-0,9
-38	+30	-2	+3	-8	+4	+11	-28	+37	-16	-5,9	+1,0
				+21	+2	-31	-24	+32		-11,7	-3,7
-35	+52	+10	+10	+2	+6	-12	-27	+53	-22	-8,1	-0,2
				+25	+8	-22	-64	+53		-10,3	-8,0
-55	+119	+27	+21	-3	+11	-13	-58	+96	-33	-6,0	-4,1
					-3	+49	-68	+22		-20,9	-8,3
-97	+48	+53	+18		-1	+32	-75	+47	-3	-11,6	-3,2
					0	+19	-27	+8		-2,5	+3,0
-54	-29	+69	+8		-6	+37	-26	-20	+15	-13,6	-2,0
					0	+7	-11	+4		+0,9	+6,6
-53	-38	+66	+1		-8	+32	-6	-38	+20	-14,6	-0,6
				+4	0	-2	-2			-0,5	+4,4
-22	-41	+43	-7		-5	+18	+2	-28	+13	-10,6	0,0
				+2	-4	+4	-2			-1,2	+4,3
-15	-39	+39	-9		-5	+9	+9	-25	+12	-10,5	+0,3
				+3	-8	+9	-4			-8,4	+1,2
-13	-24	+30	-14		+1	-3	+11	-10	+1	-11,0	+0,2
				+2	+2	-1	+1			-9,1	-6,8
-12	+31	+35	+6		+3	-5	-8	+9	-9	-3,9	-4,1

Der hypsometrische Erfolg der hier angewandten Methode läßt sich, theils durch Vergleichung der Resultate für einige Punkte mit deren anderweitig bekannten Höhen, theils durch Vergleichung der nach einander für die Höhe ein und desselben Punktes erhaltenen Resultate, einigermaßen beurtheilen. Auf die erste Weise hat sich ergeben:

	(Wahre Höhe.)	—	(Gemess. Höhe.)	
in <i>Ilsenburg</i>	+ 21,2	Par. F.	aus 5	Ablesungen
» <i>Halberstadt</i>	+ 22,7	»	» 1	»
» <i>Clausthal</i>	+ 4,2	»	» 1	»

und auf die zweite Weise:

	der mittlere Fehler des Resultates aus einer Ablesung.			
in <i>Wernigerode</i>	± 13,4	Par. F.	aus 6	Bestimmungen
» <i>Ilsenburg</i>	± 13,1	»	» 5	»
auf d. <i>Brocken</i>	± 23,8	»	» 4	»
in <i>Rübeland</i>	± 42,1	»	» 10	»
» <i>Treseburg</i>	± 7,4	»	» 5	»
» <i>Gernrode</i>	± 8,2	»	» 3	»
» <i>Stollberg</i>	± 7,7	»	» 2	»
» <i>Ihlefeld</i>	± 15,2	»	» 3	»
» <i>Andreasberg</i>	± 12,6	»	» 7	»
am <i>Oderteich</i>	± 4,6	»	» 2	»

Der wahrscheinlichste, das heißt der am häufigsten vorgekommene, Fehler einer Höhenbestimmung durch einmalige Ablesung an den tragbaren Instrumenten, hat hiernach etwa  $\pm 14$  Par. F. betragen. Es entspringt aber derselbe, wenn man die angenommenen Höhen der permanenten Stationen als völlig fehlerfrei betrachtet, aus mindestens vier verschiedenen Quellen, nämlich:

- 1) aus dem in Réaumur'schen Graden, durch  $\Delta(t+T)$  bezeichneten Unterschiede, zwischen der Temperatur-Summe  $t+T$ , und dem Doppelten der in der betreffenden Luftsäule wirklich vorgekommenen Mittel-Temperatur.

- 2) aus dem um 0,5 verminderten Verhältniß  $q$ , der mittleren Dampfmenge in dieser Luftsäule zu der sie sättigenden Dampfmenge.
- 3) aus dem in Pariser Linien gemessenen, theils durch Unkenntniß der wahren Quecksilbertemperatur, theils durch andere Einflüsse zurückgebliebenen, Fehler  $\Delta h$  in der Ablesung  $h$  des Barometerstandes an der momentanen Station und
- 4) aus dem analogen Fehler  $\Delta H$  der in dem interpolirten Werthe  $H$  für den untern Punkt derselben Verticale zurückgeblieben ist.

Bei Höhen, die, wie die hier gemessenen, nicht über 4000 Par. F. betragen, hat man nun aus jeder dieser Ursachen allein sehr nahe folgende in Par. Fussen ausgedrückte Fehler der Messung ( $z$ ) zu erwarten:

aus der 1. Quelle  $r^I = 0,0023 \cdot z \cdot (t+T)$

$$\text{„ „ 2. „ } r^{II} = \left\{ 0,0019 + 0,000165(t+T) \right\} z \cdot (q - \frac{1}{2})$$

$$\text{„ „ 3. „ } r^{III} = 83 \cdot \Delta h$$

$$\text{„ „ 4. „ } r^{IV} = 83 \cdot \Delta H.$$

und daher, wenn man für  $\Delta(t+T)$ ,  $q - \frac{1}{2}$ ,  $\Delta h$  und  $\Delta H$  deren wahrscheinlichsten Betrag gesetzt denkt, in  $z$  selbst, den durch folgenden Ausdruck gegebenen wahrscheinlichen Fehler  $\Delta z$ :

$$\Delta z = \sqrt{r^{I2} + r^{II2} + r^{III2} + r^{IV2}}.$$

Für die hier etwa durchschnittlich vorgekommenen Werthe  $t+T=35$  und  $z=2000$ , erhalten die zwei ersten Ausdrücke die Zahlenwerthe:

$$r^I = 4,6 \cdot \Delta(t+T) \text{ und } r^{II} = 15,9(q - \frac{1}{2})$$

und es ist dann für den zweiten auch als *absolutes Maximum* seines Betrages  $r^{II} = \pm 7,9$  gegeben. Der wahrscheinliche Werth der Gröfsen, welche die Beiträge aus den übrigen drei Fehlerquellen bedingen, bleibt zwar an und für sich durchaus unbekannt; man sieht aber, dafs wenn man nach einander die vier Fehler  $r^I r^{II} r^{III} r^{IV}$  gleich grofs, und den zweiten verschwindend, die übrigen einander gleich

annimmt, zur Darstellung des hier vorgekommenen wahrscheinlichsten Werthes von  $\Delta z$  respective erfordert werden:

$\Delta(t+T) = \pm 1^{\circ},5$   $q - \frac{1}{2} = \pm 0,44$   $\Delta h = \Delta H = \pm 0,08$  Par. Lin.  
oder

$\Delta(t+T) = \pm 1,7$   $q - \frac{1}{2} = 0$   $\Delta h = \Delta H = \pm 0,09$  „ „

Selbst wenn das hier willkürlich angenommene Verhältniß der einzelnen Fehler stattgefunden hätte, würde also der Barometerstand an einem in der Verticale der momentanen Station gelegenen Punkte, aus den Beobachtungen an den permanenten Stationen, durchschnittlich bis auf weniger als 0,1 Par. Lin. bekannt geworden seyn. Diese Annäherung ist aber offenbar noch weit vollkommener gewesen, denn bei dem gegenwärtigen Versuche sind die Bestimmung der Lufttemperatur, der Quecksilbertemperatur und die Messung der Barometersäule selbst, an den momentanen Stationen meist unter sehr unvortheilhaften Umständen und somit jede einzelne gewiß mit *weit geringerer* Sicherheit erhalten worden als die Werthe  $T$  und  $H$ . Man wird dieses nicht bezweifeln, weil die letzteren, ihrem wesentlichsten Theile nach, dem arithmetischen Mittel aus 5 bis 6 Ablesungen an Instrumenten gleich gelten, die, in der Zwischenzeit zwischen den Beobachtungen, weder die Bewegungen noch die starken Temperaturveränderungen erlitten haben, denen die transportablen Instrumente oft bis kurz vor ihrer Anwendung ausgesetzt waren, und welche außerdem in dem gegenwärtigen Falle meist viel vollkommenere Ablesungsmittel als diese letzteren besaßen.

Obgleich hiernach der Versuch die Temperatur und den Luftdruck an einer unzugänglichen Stelle, aus den beobachteten Werthen an mehreren von ihr beträchtlich entfernten zu erkennen, in der Mehrheit der Fälle sehr wohl gelungen ist, so scheint doch nach dem Obigen hiervon *eine*, nicht zu übersehende Ausnahme stattgefunden zu haben. Ich meine während der Beobachtungen in Rübeland, No. 33 bis 42, für die sich der mittlere Fehler des Resultates einer einzelnen Ablesung zu  $\pm 42$  Par. F. erge-

ben hat. Es sind nun aber hier so entschieden, die innerhalb einer Stunde, zu den Zeiten August 18 17<sup>a</sup> 49', 18<sup>a</sup> 16' und 18<sup>a</sup> 43' erhaltenen Resultate, welche diesen Anschein bewirken, dafs man für den mittleren Fehler des Resultats einer einzelnen Ablesung respective  $\pm 15$  und  $\pm 19$  Par. Fufs erhält, je nachdem man entweder dieselben sämmtlich oder nur die zwei ersten von ihnen ausschliefst. Die Temperatur und der Luftdruck an der momentanen Station, die während 20 Stunden mit denjenigen verglichen wurden, welche aus den Beobachtungen an den permanenten unter Voraussetzung einer *continuirlichen* Abhängigkeit von den Coordinaten folgen, zeigt sich also nur etwa 0,7 Stunden lang von den letztern entschieden abweichend, während der übrigen, theils vor, theils nach diesem Zeitraume gelegenen 19,3 Stunden aber mit ihr in genügender Uebereinstimmung. Dafs aber jene Ausnahme von kurzer Dauer in der That stattgefunden hat und nicht etwa nur durch ein Versehen bei den Ablesungen an der momentanen Station, für eine scheinbare zu erklären ist, wird äufserst wahrscheinlich, weil an allen permanenten Stationen kurz vor dem Eintritt, und an den momentanen sogar genau während derselben, eine starke Veränderung der Windrichtung und eine ihr entsprechende Gestaltänderung der Niveauflächen vorkam. In dem engen Thale, in dem sich das transportable Barometer befand, konnte aber hierdurch wohl, während eines kurzen Zeitraums, eine Luftmasse zurückbleiben, deren Elasticität nicht *continuirlich* in die der umgebenden Schichten überging. Der Umstand, dafs der Ostwind anstatt der bis dahin herrschenden SW-winde, bei Rübeland erst um 18<sup>a</sup> 43' merklich wurde, dafs daselbst nach einer heitern Nacht

um 17 <sup>a</sup> 49'	heftiger Regen	mit Lufttemperatur	+ 10°,91
» 18 16	ein feiner Regen	»	+ 10°,75
» 18 43	(ein mit Ostwind) ziehender Nebel	»	+ 10°,43.

stattfand, und dafs endlich die Abkühlung der Luft daselbst

noch bis um 20<sup>a</sup>, wo die Lufttemperatur 10°,20 betrug, fort dauerte, spricht sehr deutlich für jene Annahme.

An der momentanen Station hatte von 18<sup>a</sup> bis 20<sup>a</sup> die Lufttemperatur um 0°,7 abgenommen, während sie an den permanenten in derselben Zeit durchschnittlich um 0°,5 zunahm und so war dann auch auf der Verticale von Rübe-land während der zwei zuerst genannten Momente:

in der Höhe von:	Die interpolirte Temperatur			d. beob. Temp.
	668,3 Par. F.	1027,3 Par. F.	1280,0 Par. F.	1280,0 Par. F.
um 17 <sup>a</sup> 49'	10°,89	10°,05	9°,46	10°,91
„ 18 16	10°,93	10°,05	9°,43	10°,65

d. h. die Luft an der betreffenden Stelle des Bode-Thales um respective 1°,45 und 1°,22 wärmer als die für dieselbe Höhe aus den Beobachtungen an 5 bis 6 umliegenden Orten geschlossene.

Ein anderes und noch auffallenderes Beispiel von momentanen Unterbrechungen der Continuität in den Temperaturverhältnissen, die selbst durch so kleinliche Unebenheiten wie die Harz-Thäler veranlaßt werden, erhielten wir am Morgen des nächsten Tages, ebenfalls an der Bode, bei Treseburg in nur 890 Par. F. Höhe über dem Meere. August 19 war daselbst noch um 10 Uhr Abends die Lufttemperatur innerhalb 1° übereinstimmend mit der aus den Beobachtungen an den umliegenden Stationen interpolirten und dennoch fand sie sich nach einer völlig heiteren Nacht um:

16<sup>a</sup> 34' um 5°,2 niedriger als diese interpolirte

17 58 „ 4°,8 „ „ „ „

18 18 „ 4°,7 „ „ „ „

Nur 2 Stunden später war an einem um 0,6 Meilen von Treseburg entfernten und auf der Thal-Wand gelegenen Punkte, von dieser Anomalie keine Spur vorhanden, auch ist es bemerkenswerth, daß in diesem Falle die Oberflächen gleichen Luftdruckes keine entsprechende Abweichung von der vorausgesetzten Ebenheit zeigten, denn die

Höhe der momentanen Station ergibt sich sehr nahe übereinstimmend aus den Beobachtungen, die vor jener discontinuirlichen Temperaturvertheilung und während derselben gemacht sind.

Ein zweites und wichtiges Ergebniss aus den vorstehenden Zahlen ist die Entschiedenheit mit der sie den *Niveauflächen der Atmosphäre eine von der horizontalen abweichende Lage zuschreiben.*

Vergleicht man in der zweiten Tafel die Abweichungen  $\mu^{(n)}$  und  $f^{(n)}$  der Logarithmen der beobachteten Barometerstände von den ihnen respective unter der Annahme horizontaler und unter der Annahme geneigter Niveauflächen möglichst genäherten Werthen, so folgt aus 493 Bestimmungen an sechs verschiedenen Orten

$$\frac{[\mu]}{493} = \pm 28,3$$

$$\frac{[f]}{493} = \pm 16,4$$

und ferner

der mittlere Werth von:

	$\mu$ .	$f$ .
bei Magdeburg	$\pm 51,7$	$\pm 17,5$
» Halle	$\pm 32,5$	$\pm 4,5$
» Halberstadt	$\pm 14,7$	$\pm 20,4$
» Ilsenburg	$\pm 25,4$	$\pm 20,6$
» Clausthal	$\pm 20,5$	$\pm 19,2$
» Göttingen	$\pm 26,6$	$\pm 17,2$

Durch die Annahme einer Neigung der Niveauflächen werden mithin sowohl diejenigen Gröfsen, die als zufällige Fehler in der Gesammtheit der Beobachtungen zurückbleiben, bedeutend verkleinert, als auch und besonders die zu den Beobachtungen an der nördlichsten und an der südlichsten Station (in Magdeburg und in Halle) gehörigen, denn diese würden ohne jene Annahme alle übrigen Beobachtungsfehler in einer durch keinen andern Umstand wahrscheinlich gemachten Weise übertreffen, während sie jetzt die normal scheinenden Werthe annehmen.

Für die Wirklichkeit der aus den vorstehenden Beobachtungen hervorgehenden Neigung der Niveaulächen, spricht aber ferner: die der Zeit nach vorhandene Continuität der Werthe, welche sie dem Betrage und der Richtung dieser Neigung anweisen. Die Gröfsen  $B$  und  $C$  zeigen sich während der 30 ersten Beobachtungen fast beständig, und die alsdann, etwa zwischen den Beobachtungen No. 30 und 43 von August 17 22<sup>n</sup> bis August 19 2<sup>n</sup>, und zwischen No. 52 bis 60 von August 19 22<sup>n</sup> bis August 20 22<sup>n</sup> eintretenden Veränderungen ihres Betrages erfolgen so stetig, dafs an eine Erklärung derselben durch zufällige Beobachtungsfehler durchaus nicht zu denken ist.

Das von Norden an rechts herum gezählte Azimut  $\alpha$  nach welchem die Niveaulächen ansteigen, und die nach dieser Richtung bei einem Fortschritt von 1 Geogr. Meile stattfindenden Zuwächse  $R$  des fünfstelligen Logarithmus des Barometerstandes und  $i$ , der Höhe einer Niveauläche über dem Meere in Par. Fussen, ergeben sich nun namentlich, im Mittel für die Zeit von August 15 5<sup>n</sup> und August 24 18<sup>n</sup> Berl. M. Zeit.

$\alpha = 185^{\circ},09$   $R = 6,748$   $i = 4,1$  aus allen Beobachtungen und

$\alpha = 189^{\circ},75$   $R = 7,204$   $i = 4,3$  mit Ausschlufs der Göttinger Beobachtungen

und man würde demnach durch die Voraussetzung des Gleichgewichtszustandes der Atmosphäre, aus für diese Zeit gültigen *mittleren* Barometerständen, den Höhenunterschied zweier um  $n$  Geograph. Meilen von einander entfernten Orte bis zu  $n.4,2$  Par. Fufs fehlerhaft erhalten haben; namentlich aber in der Weise, dafs man die Höhen desjenigen Ortes um den gesammten Betrag dieses Ausdruckes zu klein geschätzt hätte der von dem verglichenen nach  $S7^{\circ}W$  gelegen ist, die Höhe jedes anderen aber zu *klein* um  $n.4,2 \cdot \cos.(a - 187^{\circ})$  wenn  $a$  das von Norden an rechts herum gezählte Azimut bezeichnet, nachdem sich derselbe von dem verglichenen Punkte aus befindet.

Eben jene Bestimmungsstücke für die Gestalt der Niveaflächen ergeben sich wie folgt für 11 einzelne Abschnitte des genannten Zeitraums. Ich habe 10 von diesen Abschnitten eine je eintägige Dauer gegeben und den ersten, der Kürze wegen als August 15 bezeichneten, mit August 14 20" angefangen, außerdem aber eine für ein kürzeres Intervall gültige Angabe an derjenigen Stelle dieses Zeitraumes eingeschaltet, an welcher sich die in Rede stehenden Werthe am schnellsten änderten.

Für:	nach allen Beobachtungen:		mit Ausschluss der Göttinger Beobachtungen:	
	$\alpha$ .	$R$ .	$\alpha$ .	$R$ .
August 15	177°,35	8,6	183°,75	10,6
" 16	190 ,43	8,6	196 ,70	9,6
" 17	182 ,45	9,1	191 ,03	11,3
" 18	208 ,44	2,6	218 ,43	5,3
" 18 19"	326 ,10	7,4	299 ,72	6,2
" 19	197 ,30	7,4	203 ,83	9,8
" 20	170 ,25	4,2	92 ,40	3,8
" 21	155 ,70	4,9	144 ,90	3,8
" 22	182 ,55	7,2	186 ,30	8,6
" 23	182 ,40	6,0	195 ,13	8,0
" 24	187 ,05	10,9	177 ,83	6,0.

Von der durchschnittlichen, um 7° *westlich von Süden* gelegenen, Richtung des Ansteigens der Niveaflächen über dem betrachteten Landstücke, haben sich mithin die beiden beträchtlichsten Ausnahmen etwa um August 19 18", und zwischen August 19 20" und August 20 20" ereignet, indem um die erst genannte Zeit jenes Ansteigen nach einer zwischen N und W gelegenen Richtung, zur zweiten nach einer beträchtlich *östlich von Süden* gelegenen Richtung erfolgte. — Ein ursachlicher Zusammenhang dieser Veränderungen mit den gleichzeitig vorgekommenen Wechseln in der Bewegung der Luft über dem betreffenden Raume, ist selbst aus den Angaben über diese letzten, die ich von nur drei der mehrgenannten Stationen erhalten habe, nicht zu verkennen. Es folgen deshalb hier Angaben der Richtungen aus denen

der Wind an diesen drei Orten zu kommen schien, in der von den Beobachtern gebrauchten Form und des Mittelwerthes der ihnen für die einzelnen Zeitabschnitte etwa entsprach, und welcher sowohl seiner Richtung als seiner Intensität nach in der oben erwähnten Weise ausgedrückt ist.

Die Zeitabschnitte zu denen diese Werthe gehören, sind ebenso wie die zuletzt erwähnten, mit nur einer Ausnahme, auf einander folgende volle Tage, auch ist wiederum der mit August 15 bezeichnete, von August 14 20<sup>u</sup> bis August 15 20<sup>u</sup> gezählt.

	Richtung des Windes.			Mittlere	
	Halberstadt.	Clausthal.	Magdeburg.	Richtung <sup>1)</sup>	Intensität des Windes.
August 15	SW, WV NW	S, WV	SVV, SVV	243°,4	0,77
» 16	NW, NW, WV	WV, SVV	SW, SVV, S	252°,9	0,43
» 17	W, W, WNW	S, S	SW, SVV, WV	240°,4	0,77
» 18	WNW, NW NO	SVV, N	W, N NO	333°,1	0,53
» 18 19 <sup>u</sup>	NO	NO	NO	45°,0	1,00
» 19	ONO, ONO, ONO	NO, S	NO, NO O	68°,9	0,79
» 20	NNO, NNO OSO	N, SVV	SO, SVV, SVV	142°,9	0,05
» 21	OSO, SVV WSV	SVV, SSVV	SO, SO SO	176°,4	0,66
» 22	W, NW WSV	SVV, S	SVV, SVV S	231°,4	0,76
» 23	WSV, NW NW	SVV, SVV	S, WV WV	256°,5	0,54
» 24	NW, NW NW	—	NW, NW	315°,0	1,00

1) Rechts von Norden.

Eine Vergleichung der in der letzten Spalte enthaltenen Angaben über die jedesmalige *Richtung*, aus welcher das Zuströmen der Luft erfolgte, mit den gleichzeitig gefundenen Werthen von  $\alpha$ , zeigt nun in der That, dafs:

- 1) beide Winkelgrößen ohne Ausnahme in einerlei Quadrant des Horizontes, wie wohl der Herkunftspunkt des Windes durchschnittlich um etwas weiter *rechts* als die Richtung des Ansteigens der Niveauebenen, gelegen haben; dafs demnach
- 2) auch eine zwischen Aug. 14 20<sup>a</sup> und Aug. 18 19<sup>a</sup> erfolgte Veränderung der Windrichtung um etwa 160° von *links nach rechts*, von einer Veränderung der Richtung des Aufsteigens der Niveaulächen um etwa 150° von *links nach rechts* begleitet war und dafs
- 3) nur an dem Tage (August 20) wo an verschiedenen Stellen des den Beobachtungen unterworfenen Raums, sehr verschiedene Luftströmungen und daher für die Gesamtheit desselben nur eine sehr unbestimmte mittlere Windrichtung vorkam, auch die Neigung der Niveaulächen an verschiedenen Stellen verschieden und daher beträchtlich anders erschienen ist, je nachdem man die Göttinger Beobachtungen mit benutzte, oder sie ausschloß.

Ich enthalte mich absichtlich mancher andern Folgerungen, welche sich aus den vorstehenden Zahlen, z. B. in Beziehung auf die Temperaturabnahme in einerlei Verticale ziehen ließen, glaube aber dafs die Fortsetzung der Untersuchung von der sie ein erstes Beispiel darbieten, sowohl für die Kenntniß der Atmosphäre, als für die hypsometrische Anwendung des Barometers von einleuchtender Wichtigkeit ist. Was diese letztere betrifft, so werden viele ihrer früheren Resultate durch den neuen Gesichtspunkt keineswegs verworfen, sondern können vielmehr, durch nachträgliche Correctionen, alsdann den ihnen anderweitig zustehenden Werth wieder erlangen, wenn man für die Gegend und für die Jahreszeit in der sie erhalten wurden, directe Aufschlüsse über die Gestalt der Niveaulächen besitzen wird.

Eben Dieses wird unter andern für eine Reihe von Höhenbestimmungen in den *Tiroler Alpen* eintreten, welche ich bis jetzt nur unter der Voraussetzung des Gleichgewichts-

zustandes der Atmosphäre und unter zu Grundelegung einer Angabe für die Höhe des correspondirenden Barometers, die vielleicht ebenfalls noch einer Verbesserung bedarf, berechnet habe. Die außerordentliche Sorgfalt die von Bessel auf die correspondirenden Ablesungen an einem Instrumente verwandt wurde, welches wir 12mal mit dem von mir an den momentanen Stationen abgelesenen Gefäßsbarometer der Königsberger Sternwarte verglichen hatten und die seltene Begünstigung, welche die Folgerungen aus diesen Ablesungen dadurch erfuhren, daß sich der Stand des stationären Barometers während der 8 Beobachtungstage nur innerhalb 1,5 Par. Linien veränderte, veranlassen mich aber die letztern zu den beachtungswerthen zu rechnen und hier mitzutheilen.

Das genannte stationäre Instrument hing in München um 35 Pariser Fufs über dem Straßenspflaster an der *Frauenkirche*, für welches ich die Höhe über dem Meere nach der Bairischen Vermessung zu 1569 Pariser Fufs angenommen und demnach die Höhe des correspondirenden Barometers über dem Meere = 1604 Par. Fufs gesetzt habe. Der Stand desselben ist während der Dauer der Ablesungen an den momentanen Stationen, von *zwei* zu *zwei* Stunden gemessen, die Lufttemperatur dagegen nur an den momentanen Stationen beobachtet worden. Bei der Rechnung, die im Uebrigen vollständig auf den oben (Seite 388) genannten Grundlagen geführt ist, habe ich deshalb für die Summe ( $t+T$ ) der zwei in Betracht kommenden Temperaturen in Réaumur'schen Graden gesetzt:

$$t+T=2t+\frac{z}{720}$$

wenn  $z$  die Höhe der momentanen Station über dem Münchener Barometer in Pariser Fufs bezeichnet. Die dieser Gleichung zu Grunde liegende Temperaturabnahme um 1 Réaum. Grad für je 720 Par. Fufs Höhenzuwachs entspricht der in den Sommermonaten zwischen *Genf* und dem *St. Bernhard* am häufigsten vorkommenden.

Zeit der Beobachtung 1827	Bezeichnung der momentanen Station.	Barometerhöhe auf 0° Temp. re- ducirt in Par. L. a. d. moment. Station.	Luft- temp. a d. mo- ment. Réaum.	Höhe d. moment. Stat. üb. d. Barom. in München.	Höhe über dem Meere.	für:	
Juni 22 3 <sup>u</sup> 13'	Dorf Reidham	308,603 318,57	11° 25	827,6	2431,6	d. moment. Station	
" 5 13	Niveau des Tegernsee's	311,618 318,57	12,10	575,9	2179,9	degl.	
" 16 56	Badehaus Kreith. Erste Stock	307,389 318,60	10,25	928,7	2532,7	degl.	
" 19 26	Wasserscheide zwischen Achenbach und Wiesbach	303,274 318,75	13,00	1308,8	2912,8	degl.	
" 21 54	Vor d. Wirthshaus in Achenthal	304,260 318,32	12,00	1181,9	2785,9	degl.	
" 23 41	Niveau des Achensee	303,381 318,05	11,25	1230,2	2634,2	degl.	
Juni 23 2 47	Niveau des Inn bei Schwatz	317,039 317,73	18,50	58,7	1682,7	Niveau d. Inn bei Schwatz	
" 5 55	10 F. über d. Inn bei Volders	316,741 317,67	14,60	76,9	1670,9	Niveau d. Inn bei Volders	
" 18 45	60 F. über d. Inn bei Innsbruck	316,020 318,17	13,25	177,5	1721,5	Niveau d. Inn bei Innsbruck	
Juni 24 3 18	6 F. über d. Inn bei Silz	312,327 318,03	18,25	483,0	2081,0	Niveau d. Inn bei Silz	
" 9 29	Umhausen 16 F. über d. Oezbach	297,512 318,05	8,50	1719,3	3307,3	Niv. d. Oezbach bei Umhausen	
" 10 17	dasselbst	297,443 318,02	8,50	1724,1	3312,1	dasselbe	
" 16 8	dasselbst	297,444 317,89	8,30	1711,1	3299,1	dasselbe	
" 17 50	Wasserfall über Umhausen	283,874 317,85	6,80	2900,2	4504,2	d. moment. Station	
" 19 0	Höchster Punkt zwischen Niederthai und Ober-Lengenfeld	278,855 317,82	6,40	3355,5	4959,5	degl.	
" 19 50	4 F. üb. d. Oezbach bei Ober-Lengenfeld	295,631 317,85	8,90	1871,5	3471,5	Niveau d. Oezbach bei Ober-Lengenfeld	
Juni 25 2 49	1,5 F. über demselben bei Zwieselstein	284,140 317,64	13,75	2956,1	4586,1	Niv. d. Oezbach b. Zwieselstein	
" 6 14	Höchste Punkt des Timbl-Passes	251,179 317,64	4,25	6012,9	7616,9	d. moment. Stat.	
" 19 17	20 F. üb. d. Passetbach, bei Passiersee	295,058 317,54	8,25	1893,0	3477,0	Niveau des Passet-Bach bei Passier-See	

Zeit der Beobachtung 1827	Bezeichnung der momentanen Station.	Barometerhöhe auf 0° Temp. re- ducirt in Par. L. a. d. moment. Station.		Luft- temp. a. d. mo- ment. Station.	Höhe d. moment. Stat. üb. d. Barom. in München.	Höhe über dem Meere.	für:
		Mün- chen.	Sta- tion.				
Juni 26 1'	an der Brücke oberhalb Soltaus	317,511	317,24	15°, 25	- 22,5	1581,5	Niv. d. Passeier-Bach b. Soltaus
" 6 1	Meran, Gasthaus zum Kreuz	323,909	317,21	13, 30	- 548,5	1055,5	d. moment. Stat.
" 20 56	4 F. über der Etsch bei Terlan	327,026	317,82	13, 30	- 746,3	883,7	Niv. d. Etsch bei Terlan
" 23 28	Boiten (Gasth. zur Kaiserkrone 2. Stock)	325,729	317,84	13, 00	- 640,4	983,6	d. moment. Stat.
Juni 27 18 41	Brixen, 20 F. über dem Strafenpflaster	316,231	317,89	12, 25	136,9	1720,9	Strafenpflaster in Brixen
" 23 11	Niveau der Etsch bei Sterzing	301,852	317,87	13, 65	1363,7	2967,7	d. moment. Station
Juni 28 1 10	Erste Brenner Wirthshaus	289,931	317,77	18, 15	2477,2	4081,2	desgl.
" 2 0	Wasserscheide am Brenner-See	287,291	317,60	16, 10	2686,7	4290,7	Niveau d. Sihlbach beim Bren- ner-See
" 4 45	2 F. über d. Sihlbach bei Mattrei	300,625	317,60	14, 75	1455,9	3057,9	Niv. d. Sihlbach bei Mattrei
" 18 53	45 F. üb. d. Inn bei Innsbruck	316,822	318,27	12, 50	119,1	1678,9	Niv. d. Sihlbach und d. Inn
" 20 38	daselbst	316,513	318,27	13, 80	145,9	1704,9	bei Innsbruck
" 21 38	daselbst	316,431	318,27	15, 25	153,4	1712,4	desgl.
" 23 7	daselbst	316,187	318,27	16, 75	175,5	1734,5	desgl.
Juni 29 3 42	Vor Leiten auf d. Strafsce nach Seefeld	306,731	318,16	19, 60	1527,2	3131,2	d. moment. Stat.
" 7 43	10 F. üb. d. Strafenpflaster in Mittewald	304,241	318,12	13, 90	1177,3	2771,3	Strafenpflaster in Mittewald
" 8 58	daselbst	304,305	318,10	11, 75	1158,0	2752,0	dasselbe
" 19 12	Niveau des Walchen Sees	307,858	317,77	13, 70	834,1	2438,1	d. moment. Stat.
" 20 56	Niveau des Koehel Sees	314,757	318,07	19, 12	282,3	1886,3	desgl.



von Zwieselstein bis Ober-Lengenfeld	und das Gefälle	
auf:	Gefälle.	auf 1000 P. F. Höhe üb. d. Meere.
2,50 geogr. Meilen	1087 Par. F.	19,0 Par. F.   zwischen 4558 und 3471
von Ober-Lengenfeld bis Umhausen auf		
1,00 geogr. Meilen	165 Par. F.	7,2 Par. F.   zwischen 3471 und 3306

An den Abhängen des *Brenner* aber dem entsprechend für:

	die Eisach	
von den Quellen bis Sterzing	und das Gefälle	
auf:	Gefälle.	auf 1000 P. F. Höhe üb. d. Meere.
1,50 geogr. Meilen	1323 Par. F.	38,6 Par. F.   zwischen 4291 und 2968
von Sterzing bis Brixen auf		
3,75 geogr. Meilen	1273 Par. F.	14,9 Par. F.   zwischen 2968 und 1695
von Brixen bis Botzen auf		
4,75 geogr. Meilen	762 Par. F.	7,0 Par. F.   zwischen 1695 und 933

	und dagegen für den Sihlbach	
von den Quellen bis Mattrei auf		
2,00 geogr. Meilen	1233 Par. F.	26,9 Par. F.   zwischen 4291 und 3058
von Mattrei bis Innsbruck auf		
3,60 geogr. Meilen	1347 Par. F.	15,4 Par. F.   zwischen 3058 und 1711

Sowohl an dem *Timbl* als am *Brenner* erscheinen hiernach in ihren obersten Theilen der südlichere Abhang sehr nahe um 1,5 mal stärker geneigt als der nördliche <sup>1)</sup>).

## VI. Hygrometrische Studien; von Hrn. V. Regnault.

(*Comptes rendus T. XXXV. p. 930.*)

In einer im J. 1845 von mir veröffentlichten Abhandlung <sup>2)</sup> habe ich die verschiedenen Methoden, welche bisher er-

- 1) In diesem Bande der *Annalen* bitte  
Seite 283 Zeile 1 v. u. anstatt: — zu lesen =  
Seite 288 Zeile 4 v. u. anstatt: später zu lesen früher.
- 2) *Ann. de Chimie et de Phys. Ser. III. T. XV.* (Diese *Ann.* Bd. 65, S. 135 und 321 nach einem vom Verf. gemachten Auszug in den *Comptes rendus.*)

dacht worden sind, um die zu einem gegebenen Zeitpunkt in der Atmosphäre vorhandene Menge von Wasserdampf zu bestimmen, einer experimentellen Prüfung unterworfen. Ich unterschied vier solcher Methoden:

- 1) die chemische;
- 2) die, gestützt auf die Angaben der Hygrometer aus organischen Substanzen, welche sich durch Feuchtigkeit verlängern;
- 3) die des Condensations-Hygrometers;
- 4) die des Psychrometers.

#### 1. Chemische Methode.

Die chemische Methode, wenn sie unter den in meiner früheren Abhandlung angezeigten Bedingungen ausgeführt wird, erlaubt den Mittelwerth der während der Operation in der Luft vorhandenen Feuchtigkeit (*fraction moyenne de saturation*) mit großer Genauigkeit zu erhalten. Allein das ist ein Laboratoriums-Versuch, der viel Zeit und voluminöse Apparate erfordert, also schwer in Wetterwarten (*observatoires météorologiques*) ausgeführt werden kann. Die chemische Methode eignet sich aber ungemein zur Prüfung der übrigen hygrometrischen Methoden und zur Bestimmung der numerischen Constanten, welche mehrere derselben erfordern. Deshalb habe ich sie bei den in meiner ersten Abhandlung vorkommenden Untersuchungen beständig angewandt.

#### 2. Hygrometer, gebildet aus organischen sich durch Feuchtigkeit verlängernden Substanzen.

Nach allgemeiner Annahme ist das vollkommenste Hygrometer dieser Klasse das Saussure'sche oder Haarhygrometer. Die zahlreichen Versuche, welche ich in meiner ersten Abhandlung veröffentlicht, haben jedoch bewiesen, daß dieses Instrument, wenn es nach der Vorschrift von Saussure graduirt worden, keineswegs vergleichbar ist, und nicht die vorausgesetzte Empfindlichkeit besitzt, weil es oft eine ziemlich lange Zeit gebraucht, um auf seinen

Gleichgewichtszustand zu kommen. In jener Abhandlung habe ich zwei Graduirungs-Methoden angegeben, bei welchen man, statt blofs die beiden äufsersten Punkte der hygrometrischen Scale festzustellen, an jedem Instrument eine grofse Anzahl intermediärer Punkte bestimmt, welche die Curve seines Ganges zu construiren erlauben. Diese Curve ist keineswegs, wie Saussure voraussetzte, eine gerade Linie. Allein diese Graduirung ist eine feine und zeitraubende Operation, zu der man sich bei einem so leicht in Unordnung gerathenden Instrument wie das Haarhygrometer schwer entschliesft. Es ist zu wünschen, dafs die Beobachter einem Instrumente gänzlich entsagen, auf dessen guten Zustand sie niemals rechnen können.

### 3. Condensations-Hygrometer.

Die Methode der directen Bestimmung des Thaupunkts ist die genaueste von allen, die man bisher erdacht hat. Wird sie unter den Bedingungen ausgeführt, die ich in meiner ersten Abhandlung angegeben habe, so gestattet sie den Sättigungsbruch der Luft, mit einer Genauigkeit so grofs wie man wünscht, zu bestimmen. Es ist die einzige Methode, welche mit gleicher Sicherheit bei allen atmosphärischen Umständen anwendbar ist. Die Genauigkeit ihrer Angaben wird nicht influencirt durch die Temperatur, noch durch den Feuchtigkeitsgrad oder Luftzug. Allein, obwohl diese Methode nur eine sehr einfache und in einem Observatorium immer leicht ausführbare Handhabung verlangt, wird sie doch schwerlich eine ausgedehnte Anwendung finden, weil man in den periodischen Wetterwarten immer denjenigen Methoden den Vorzug giebt, die eine blofse Ablesung fest aufgestellter Instrumente verlangen, und man sich schwer zu Proceduren entschliesft, die eine wein auch noch so kurze Manipulation erfordern.

### 4. Methode des Psychrometers.

Das Psychrometer ist von allen hygrometrischen Instrumenten dasjenige, welches gegenwärtig die ausgedehnteste

Anwendung findet. Es kommt nicht leicht in Unordnung und die Beobachtung erfordert keine besondere Geschicklichkeit. Bekanntlich besteht die psychrometrische Methode darin, daß man gleichzeitig ein trocknes und ein beständig feucht gehaltenes Thermometer beobachtet. Aus dem Unterschied der von beiden Instrumenten angezeigten Temperaturen, aus der absoluten Temperatur eines von ihnen und aus dem gleichzeitigen Barometerstand leitet man den Sättigungsbruch der Luft her, in welcher die Thermometer befindlich sind. Allein man muß hiezu die Formel kennen, welche diese verschiedenen Elemente verknüpft, und man muß sich durch genaue Versuche versichern, ob eine und dieselbe Formel bei den verschiedenen Umständen, unter welchen die Beobachtungen gemacht werden können, anwendbar sey. Dieß zu studiren, ist der Gegenstand vorliegender Abhandlung.

Nach theoretischen Betrachtungen, die ich in meiner ersten Abhandlung ans einander gesetzt, hat Hr. August gesucht, jene Formel aufzustellen. Die physischen Principien, die ihm als Ausgangspunkt dienen, sind aber, meines Erachtens, sehr streitig. Ich habe die Haupteinwürfe, die sich gegen diese Principien erheben lassen, entwickelt und durch zahlreiche Versuche gezeigt, daß diese Einwürfe vollkommen begründet sind. Wie dem auch sey, die Formel, zu welcher Hr. August gelangt, ist folgende:

$$x = \frac{1 + \frac{\gamma}{\delta \lambda} (t - t')}{1 + \frac{k}{\lambda} (t - t')} f' - \frac{\frac{\gamma}{\delta \lambda} (t - t')}{1 + \frac{k}{\lambda} (t - t')} H$$

worin  $x$  die Spannkraft des zur Zeit des Versuchs in der Luft vorhandenen Wasserdampfs;  $t$  die vom trocknen Thermometer angezeigte Lufttemperatur;  $t'$  die Temperatur des befeuchteten Thermometers;  $f$  und  $f'$  die Spannkraften des Wasserdampfs bei Sättigung, bei den Temperaturen  $t$  und  $t'$ ;  $H$  der Barometerstand zur Zeit der Beobachtung;  $\gamma$  die specifische Wärme der trocknen Luft;  $k$  die des des Wasserdampfs;  $\delta$  die Dichte des Wasserdampfs; und  $\lambda$

die latente Verdampfungswärme des Wassers in Luft von der Temperatur  $t'$ .

Substituirt man in dieser Formel die Zahlenwerthe der Constanten, läßt mehrer Glieder fort, die innerhalb der Beobachtungsgränzen stets nur sehr kleine Werthe erlangen, so kommt man zu der sehr einfachen Formel

$$x = f' - 0,0006246(t - t')H,$$

welche die viel verwickeltere theoretische Formel ersetzen kann, da sie von dieser in ihren Resultaten selten um mehr als 0,01 abweicht. Diese Näherung ist aber in den meisten Fällen mehr als hinreichend, weil der hygrometrische Zustand der Luft unausgesetzt veränderlich ist und eben deshalb keine sehr strenge Bestimmung zuläßt.

Es fragt sich nun, ob diese Formel wirklich die verschiedenen Sättigungsstufen ausdrücke, welche die atmosphärische Luft unter verschiedenen Umständen darbieten kann. Die Prüfung kann nur geschehen, wenn man das Psychrometer unter sehr mannigfaltigen Umständen beobachtet, die dadurch erlangten Elemente in die Formel überträgt und die daraus abgeleiteten Resultate vergleicht mit der, entweder durch das Condensationshygrometer oder durch die chemische Methode direct bestimmten, wahren Spannung des Wasserdampfs. Ehe ich dieß Studium beginne, muß ich bemerken, daß ich in meiner ersten Abhandlung durch unzweifelhafte Versuche gezeigt habe, daß der veränderliche Bewegungszustand der Luft einen sehr beträchtlichen Einfluß auf die Angaben des Psychrometers ausübt; daß in einer selben Luft der Temperaturunterschied zwischen dem trocknen und benäßten Thermometer desto größer ist, je rascher die Luft sich fortbewegt. Dieser einzige Umstand beweist, daß die theoretische Formel des Hrn. August nicht genau seyn kann, weil sie die Bewegung der Luft außer Acht läßt. Im Gegentheil ist bei Aufstellung dieser Formel vorausgesetzt, daß das nasse Thermometer beständig eingehüllt sey von einer mit Dampf gesättigten Luftschicht, welche gleiche Temperatur mit diesem Thermometer habe und sich mit unendlicher Ge-

schwindigkeit erneue. Wahrscheinlich ist aber keine dieser Voraussetzungen richtig.

Indefs beweisen die nämlichen Versuche, daß wenn das Psychrometer der *freien Luft* ausgesetzt ist, der Temperaturunterschied  $t - t'$  sich wenig mit der Geschwindigkeit des Windes ändert, so lange diese Geschwindigkeit unterhalb 5 Meter in der Sekunde bleibt. Diese Bedingungen sind aber in einer Wetterwarte immer leicht zu erfüllen, wenn man das Psychrometer zweckmäfsig schützt.

Statt der Formel

$$x = f' - 0,006246(t - t')H,$$

welche keinen unbestimmten Coëfficienten enthält, habe ich die allgemeinere

$$x = f' - A(t - t')H$$

einer experimentellen Untersuchung unterworfen und gesucht, ob sie die verschiedenen Sättigungsstufen der Luft mit hinreichender Genauigkeit darstelle, sobald man das Psychrometer bei jeder Versuchsreihe einen festen Standpunkt behalten läßt, und den Werth des unbestimmten Coëfficienten  $A$  zweckmäfsig bestimmt. Dann gab ich dem Psychrometer ganz andere Standpunkte und untersuchte, ob sich dieselbe Uebereinstimmung zeige, sowohl wenn man für alle diese Orte dem Coëfficienten  $A$  einen selben Werth läßt, als auch, wenn man ihn für jeden derselben einen verschiedenen giebt. Schon in meiner ersten Abhandlung habe ich eine grofse Anzahl, in dieser Absicht angestellter Versuche aufgeführt. Seitdem habe ich noch viele andere, unter den verschiedenartigsten Umständen angestellt, und die Gesamtheit der daraus abgeleiteten Resultate erlauben, glaube ich, die in Rede stehende Aufgabe zu entscheiden.

Die allgemeine Verfahrungsweise bestand darin, die nach den Angaben des Psychrometers aus der Formel abgeleiteten Sättigungsbrüche  $\frac{x}{f}$  zu vergleichen mit den Sättigungsbrüchen, die sich aus directer Wägung der in einem

bekannten Volum derselben Luft enthaltenen Feuchtigkeit ergab. Diese letztere Bestimmung geschah mittelst eines Aspirators von constantem Ausflufs, der mit Hülfe einer langen Röhre die atmosphärische Luft in der Nähe der Thermometer des Psychrometers einsog, und dieselbe durch tarirte Austrocknungsröhren führte. Während der Aspirator arbeitete, was drei Viertel bis eine ganze Stunde dauerte, beobachtete man regelmäfsig von 5 zu 5 Minuten die Angaben der Thermometer des Psychrometers. Die Ablesung geschah von weitem mittelst eines Fernrohrs, damit das Instrument und die Feuchtigkeit der Luft nicht durch die Nähe des Beobachters verändert werde. Man nahm aus den Thermometerständen die Mittelwerthe und zeichnete den Mittelstand des Barometers für die Dauer der Beobachtungen auf. Diese Mittelwerthe, in die Psychrometerformel gesetzt, gaben einen Werth von  $x$ , welchen man mit dem aus der directen Wägung der Feuchtigkeit abgeleiteten verglich.

Ich gebe in meiner Abhandlung eine grofse Zahl von Tafeln mit Resultaten dieser Versuche. Ich glaube daraus ableiten zu können:

1. Die von Hrn. August gegebene theoretische Psychrometerformel kann nicht als wahrer Ausdruck der That-sachen betrachtet werden, denn sie giebt nicht Rechen-schaft von mehren Umständen, die einen grofsen Einflufs auf die Angaben dieses Instruments ausüben. Die relativen Temperaturen der beiden Thermometer, des trocknen und des nassen, hängen nicht blofs ab vom Sättigungszustand der Luft, sondern auch vom Bewegungszustand derselben, so wie von örtlichen Umständen, denen das Instrument ausgesetzt ist. In der That zeigen diese Thermometer Resultanten an, die abhängen von der eigenen Temperatur der umgebenden Luft, von der veränderlichen Wärme-strahlung der umgebenden Körper und überdiefs, beim benähesten Thermometer, von dem (vielleicht mit der Temperatur veränderlichen) Verdampfungsvermögen (*pouvoir évaporant*), welches die Luft unter den Temperatur-, Sättigungs-

und Bewegungs-Zuständen, in welchen sich das Instrument befindet, auf das Wasser ausübt.

Wenn man das Psychrometer um eine verticale Axe rasch im Kreise herumschwenkt, vermindert man den Einfluss der veränderlichen Bewegung der Luft und der örtlichen Umstände, aber man vernichtet die Einfachheit, welche ein Hauptverdienst des Psychrometers ist.

Hr. Walferdin hat neulich vorgeschlagen, zu den psychrometrischen Beobachtungen ein einziges Thermometer anzuwenden, dessen mit Musselin umhüllter Behälter nach einander trocken oder nass sey. Man soll das trockne Thermometer im Kreise herumschwenken und dann ablesen, um so die Temperatur der Luft zu erhalten. Darauf soll man den Musselin benässen und das Instrument abermals herumschleudern, wo es dann die in die Formel  $t'$  zu setzende Temperatur  $t'$  angiebt. Diese Verfahrungsweise hat das Ueble, daß der Beobachter dicht bei dem abzulesenden Instrumente ist, was man immer vermeiden muß, weil seine Nähe nothwendig auf den hygrometrischen Zustand der Luft einwirkt. Da überdies zwischen der Ablesung des trocknen und der des feuchten Thermometers immer eine gewisse Zeit verfliest, so ist man nicht gewiß, ob die beiden Temperaturen demselben Zustand der Luft entsprechen, zumal im Freien, wo die Bewegung der Luft unausgesetzt veränderlich ist. Der Fehler, der daraus entspringen kann, ist keineswegs zu vernachlässigen, denn er wirft sich auf die Temperaturdifferenz  $(t - t')$ , die oft, vor allem bei niedrigen Temperaturen, sehr klein ist. Jedenfalls müßte man, wenn man so verfahren wollte, den Werth des Coëfficienten  $A$  durch eine Reihe analoger Versuche, wie ich in meiner Abhandlung beschrieben, direct bestimmen.

Um den Einfluss des veränderlichen Luftzugs zu vermeiden, hat Hr. Belli vorgeschlagen, das Psychrometer in eine Röhre einzuschließen, welche an einem Ende mit der Luft communicirt, an dem andern aber mit einem doppelten Saugebalg (*soufflet aspirant à double effet*), den man bei jedem Versuche auf gleiche Weise spielen läßt.

Allein es ist zu fürchten, daß die Temperaturen der beiden Thermometer bedeutend influencirt werden durch die Temperaturveränderungen, welche die Luft bei diesem künstlichen Zustand rascher Bewegung durch ein enges, Widerstände darbietendes Rohr erleiden kann. Ueberdies müßte man für jede Einrichtung des Apparats und für jede angewandte Geschwindigkeit des Luftstroms den zugehörigen Werth von  $A$  durch directe Versuche bestimmen. Außerdem muß ich bemerken, daß, wenn man wie Hr. Belli verfährt, die Beobachtung des Psychrometers eine ebenso complicirte Operation ist, wie die des Condensations-Hygrometers, und daß dann kein Grund vorhanden ist, ihm den Vorzug zu geben vor dem letztern Instrument, dessen Anzeigen absolut sicher sind.

2. Die Versuche der ersten, zweiten, dritten, vierten und achten Reihe beweisen dafsungeachtet die Gültigkeit der Formel

$$x = f' - A(t - t')H$$

für Psychrometerbeobachtungen in eingeschlossener oder freier Luft, wenn das Instrument gegen Wind und directe Sonnenstrahlen gehörig geschützt ist, und daß sie daher in unsern Klimaten die verschiedenen Feuchtigkeitszustände der Luft mit hinreichender Genauigkeit aus solchen Beobachtungen angiebt, sobald man für *jede Oertlichkeit* den Werth des Coëfficienten  $A$  durch directe Versuche sorgfältig bestimmt hat.

Der Werth dieses Coëfficienten wurde gefunden in

einem kleinen verschlossenen Zimmer . . .	$A = 0,00128$
einem großen verschlossenen Saal . . .	$A = 0,00100$
demselben Saal, als zwei gegenüberstehende Fenster geöffnet waren . . .	$A = 0,00077$
einem großen viereckigen, von hohen Gebäuden umgebenen Hof, das Psychrometer gegen Norden . . .	$A = 0,00074$
im Hofe des Wirthshauses von <i>Taverne aux Eaux-Bonnes</i> (Pyrenäen) . . .	$A = 0,00090$

3. Befindet sich das Psychrometer an einem Ort, wo es gewissen Winden directer ausgesetzt ist als anderen, so können seine Angaben unter den verschiedenen Umständen nicht mehr mit gleicher Genauigkeit durch eine einzige Formel dargestellt werden. Man erkennt dies leicht an den Versuchen der fünften Reihe, die im südlichen Hofe des *Collège de France* angestellt sind. Man bemerkt es auch bei den Versuchen der neunten Reihe, die Hr. Izarn auf einem sehr hohen und gänzlich entblößten Plateau der Pyrenäen angestellt hat. Allein in diesem letztern Falle sind die Abweichungen der Formel in Bezug auf den wirklichen Sättigungszustand nicht bedeutend genug, als daß man nicht die Angaben des Psychrometers als genügende Annäherungen betrachten konnte. Wohl verstanden, war der Werth des Coëfficienten  $A$  durch die Beobachtungen selbst bestimmt worden. Für das hohe Plateau der Pyrenäen betrug  $A = 0,00090$ .

4. Ist das Psychrometer den directen Sonnenstrahlen ausgesetzt und zugleich die dem feuchten Thermometer durch den Musselin zugeführte Wassermenge hinreichend um dasselbe vollkommen benäht zu erhalten, so werden seine Angaben noch genügend durch dieselbe Formel ausgedrückt, die für das Psychrometer im Schatten gilt. Wirklich findet man in der achten Reihe, die auf dem hohen Plateau der Pyrenäen angestellt ist, mehre Versuche, bei denen die Sonne direct auf die Thermometer schien, und dennoch zeigen dieselben die nämliche Uebereinstimmung mit der Formel wie die im Schatten angestellten. Die im Südhofe des *Collège de France* angestellten Versuche der sechsten Reihe, bei denen der Apparat im vollen Sonnenschein stand, scheinen zu demselben Schlufs zu führen.

5. Unter atmosphärischen Umständen, bei denen das Wasser auf dem feuchten Thermometer gefriert, also bei Lufttemperaturen unter  $0^{\circ}$  oder sehr wenig über  $0^{\circ}$ , wird das Psychrometer immer weniger empfindlich, weil die Veränderungen der Spannkraft des gesättigten Wasserdampfs mit der Temperatur immer geringer werden, in dem

Maafse als die Temperatur sinkt. Die Versuche der siebensten Reihe beweisen, dafs ein und derselbe Werth von  $A$  nicht mehr die wahren Sättigungsbrüche in allen Strecken der hygrometrischen Scale ausdrücken kann. Es ist nothwendig, wenigstens zwei dieser Werthe zu bestimmen, einen für die der Sättigung nahe Luft, und einen für die davon entfernte. Allein es steht zu fürchten, dafs diese Werthe von  $A$  nicht für alle niedrigen Temperaturen gelten und sie sich mit diesen Temperaturen merklich ändern. Diefs ist ein Punkt, der nur durch Beobachtung in sehr kalten Gegenden aufgeklärt werden kann, denn in unsern Klimaten hat man selten Gelegenheit zur Anstellung von Beobachtungen unter solchen Umständen.

Es scheint mir unnütz, eine Formel aufzusuchen, welche die psychrometrischen Beobachtungen besser als die vereinfachte August'sche darstelle, denn die Angaben des Instruments werden offenbar influencirt durch örtliche und zufällige Umstände, welche die Rechnung nicht in Betracht ziehen kann. *Das Psychrometer mufs als ein empirisches Instrument betrachtet werden*, wie das Saussure'sche Haarhygrometer; vor dem letztern hat es den Vorzug, weniger leicht veränderlich zu seyn, aber seine Angaben sind noch mehr von örtlichen Umständen abhängig wie die jenes. Es ist zu wünschen, dafs die Beobachter sich von dieser Wahrheit überzeugen, damit sie nicht fortfahren, Instrumente zu beobachten, deren Angaben keine Sicherheit besitzen, und somit zweifelhafte Beobachtungen häufen, die den Fortschritten der Meteorologie mehr schädlich als nützlich sind.

Bleibt man dabei, sich des Psychrometers zu fortgesetzten Hygrometerbeobachtungen zu bedienen, und diefs sind die einzigen, die meines Erachtens Interesse haben, so wird es zweckmäfsig seyn, das Instrument so weit wie möglich an einem sehr geräumigen, aber durch umgebende Gebäude geschützten Ort aufzustellen, damit die Thermometer vor der directen Wirkung des Windes geschützt seyen. Man mufs ferner die dem gewählten Orte zukommende Con-

stante  $A$  der Formel  $x = f - A(t - t')H$ , durch vergleichende Versuche bestimmen, sey es mittelst des Condensations-Hygrometers oder nach der chemischen Methode. Zu dieser Bestimmung wähle man vorzugsweise Zeiten, wo die Luft vom Sättigungspunkt fern ist, weil dann das mit  $A$  behaftete Glied den größten Zahlenwerth besitzt. Es wird selbst zweckmäfsig seyn, die Constante  $A$  für zwei verschiedene Strecken der Thermometerscale zu bestimmen, für die von  $0^\circ$  bis  $10^\circ$ , und dann für die von  $0^\circ$  bis  $30^\circ$ . Wahrscheinlich werden diese beiden Werthe nicht identisch seyn, und man wende dann jede innerhalb der Temperaturgränzen an, für welche sie bestimmt ist. Verfährt man so, so wird man sicher seyn, aus den Psychrometerbeobachtungen Werthe des Sättigungsbruchs der Luft abzuleiten, die nicht um mehr als  $\frac{1}{10}$  von den wahren abweichen, und diefs ist für Beobachtungen dieser Art eine vollkommen hinreichende Annäherung.

Wünscht man eine gröfsere Annäherung, so müfste man zum Condensations-Hygrometer greifen. Die beste Einrichtung für dieses Instrument scheint mir immer diejenige zu seyn, welche ich in meiner früheren Abhandlung beschrieben habe; nur dafs man den kleinen Aspirator, den ich daselbst abgebildet habe, ersetzen könnte durch einen umkehrbaren Doppel-Aspirator, analog dem von Brunner, und auf festem Stativ stehend; man würde dadurch der Mühe des häufigen Füllens des Aspirators überhoben seyn. Giebt man jedem Gefäfse dieses Aspirators eine Capacität von 10 bis 15 Litern, so könnte man, ohne es umzukehren, wenigstens 20 bis 30 Beobachtungen nach einander machen, d. h. mehr als gewöhnlich in einem Observatorium des Tags über gemacht werden. Die Flüssigkeit, mit denen man das Hygrometer füllte, würde zur Winterzeit Aether, und zur Sommerzeit Alkohol oder besser Holzgeist seyn. Leicht würde man auch diese Flüssigkeit in einem kleinen Silbergefäfse in zweckmäfsigem Niveau erhalten können, ohne nöthig zu haben, dieses häufig abzunehmen. Zu dem Ende würde man diefs Gefäfse unten durch eine kleine Silberröhre

in Verbindung setzen mit einem Behälter, der eine etwas beträchtliche Menge von der flüchtigen Flüssigkeit enthielte und fortwährend die kleine Menge des Verdampften ersetzte.

---

VII. *Theorie der Cohäsion und Trennung der materiellen Theilchen oder Molecüle der Körper;*  
*von Hrn. Séguin, d. A.*

(Auf Wunsch des Hrn. Moigno, aus dessen Cosmos, Vol. I. p. 692.)

**P**hysiker, welche versucht haben, die Cohäsion, oder jene Contactwirkung zu erklären, durch welche die Molecüle der Körper einander adhären, wurden daran durch zwei unübersteigbare Schwierigkeiten verhindert.

Die erste bestand darin, zu begreifen, wie zwei benachbarte Molecüle eines festen Körpers gegenseitig eine größere Wirkung auf einander auszuüben vermögen, als die Anziehungskraft der Erde auf jedes derselben; und gewöhnlich hat man, um diese Thatsache zu erklären, angenommen, daß die Anziehung mit der Entfernung sich ändere oder nach einem anderen Gesetze erfolge, in dem Maasse als die Molecüle sich einander mehr nähern.

Aber nach Beseitigung dieser ersten Schwierigkeit war noch zu erklären, warum die Molecüle, durch ihre gegenseitige Einwirkung der Erde entzogen und ihrer gegenseitigen Anziehung zu gehorchen freigegeben, nicht unbestimmt bestrebt seyen, sich in dem gemeinsamen Schwerpunkt zu concentriren. Diese Molecüle finden sich in der That bei den Körpern des Planetensystems niemals gleichzeitig zweien, sich das Gleichgewicht haltenden Kräften, der Schwere und der Centrifugalkraft, ausgesetzt, und sie verbleiben daher in bestimmten, zwischen festen Gränzen eingeschlossenen Entfernungen, welche sie nicht überschreiten können. Diese zweite Thatsache, von welcher man sich

sich durch das Gesetz der allgemeinen Anziehung keine Rechenschaft versprach, zu erklären, hat man oft angenommen, daß die Molecularanziehung, bei allzu großer Annäherung der beiden Molecüle, in Abstofsung übergehe; nicht selten auch hat man vorausgesetzt, daß der zwischen die Molecüle der Körper gelagerte Wärmestoff dieselben entfernt zu halten sich bestrebe, indem er diesen gegenüber die Rolle übernehme, welche die Centrifugalkraft in der Gesamtheit der Bewegungen der Weltkörper spielt.

Sehen wir, wie Séguin auf glückliche Weise dieselben beiden Thatfachen erklärt, und jene beiden großen Schwierigkeiten beseitigt durch die einfache Betrachtung des unendlich kleinen Volumens der materiellen Molecüle in Verbindung mit dem Gesetze der allgemeinen Anziehung.

Die Wirkung, welche ein Agregat von Molecülen oder eine bestimmte materielle Masse auf eine andere mit ihr in Berührung gebrachte Masse ausübt, kann von zwei Gesichtspunkten aus aufgefaßt werden: erstens, indem man die beiden Gesamtheiten von Molecülen gesondert betrachtet, als condensirt oder concentrirt in ihrem respectiven Schwerpunkte und als auf einander einwirkend in directem Verhältnisse der Massen und in umgekehrtem Verhältnisse des Quadrates der Entfernungen; zweitens, indem man unterstellt, dieselben seyen durch die Vereinigung äußerst dichter und äußerst kleiner Molecüle gebildet, die durch leere Zwischenräume von weit größerer Ausdehnung, als die von jenen eingenommenen vollen Räume, von einander getrennt sind.

Bezeichnet man durch die Einheit die Masse der Gesamtheiten von Molecülen, welche Gesamtheiten wir einfachheitshalber als kugelig, gleich und in der Einheit der Entfernung von einander befindlich annehmen, so wird in ersterem Falle ihre gegenseitige Anziehung ausgedrückt durch 1, getheilt durch das Quadrat von 1, d. h. durch 1.

Im zweiten Falle verhält sich die Sache ganz anders. Nehmen wir, um die Begriffe festzustellen, an, daß die

beiden Kugeln durch die Vereinigung von zwölf Reihen, zu 60 Molecülen jede, gebildet und, in Form von Radien im Inneren derselben angeordnet, um  $60^\circ$  gegenseitig gegen einander geneigt und durch andere Reihen, jede gleichfalls von 60 Elementen, verbunden sind. Dieses so erhaltene und einzig in seiner Art dastehende Polyëder, welches auf natürliche Weise durch die Nebeneinanderlagerung von kugeligen Molecülen hervorgeht, ist das Cubo-Octaëder der Mineralogen; es ist gleichsam regelmäfsig und kann in eine Kugel eingeschrieben werden, die es in zwölf Punkten berührt.

Sieht man ab von den Molecülen, welche sich in den Winkeln über einander lagern, so ist die Zahl der Kügelchen, welche die Bildung der zwei beträchtlichen Kugeln eingehen, gleich 2160 und die Masse jedes Molecüles, oder jeder kleinen Kugel ist der 2160ste Theil der Einheit. Ferner wird, da sich 120 Molecüle zwischen den Centren der beiden grofsen Kugeln oder zwischen der zweimal die Einheit betragenden Entfernung ihrer Schwerpunkte befinden, die Entfernung der Centren zweier kleinen Kugeln, oder benachbarter Molecüle gleich  $\frac{1}{120}$ stel seyn, und folglich drückt sich die Anziehung einer dieser kleinen Kugeln, oder Molecüle, auf die ihr benachbarte aus durch:

$$\frac{1}{2160} : \left(\frac{1}{120}\right)^2 = \frac{14400}{2160} = 6,66 \dots,$$

d. h. die kleinen Kugeln üben in Anbetracht ihrer Dünne und ihrer gröfseren Annäherung eine gegenseitige Anziehung auf einander aus, welche 6mal beträchtlicher ist, als die der beiden ganzen Kugeln auf einander.

Nähmen wir in jeder Reihe statt 60 Molecüle deren 600 000 an, so würde jede kleine Kugel, oder jedes Molecül auf sein benachbartes eine Anziehung ausüben gleich  $(1200\,000)^2$  zum Quadrate erhoben und getheilt durch 2160000, d. h. gleich 66666; diels zeigt, dafs, was auch leicht vorauszusehen war, die Anziehung zwischen den Mo-

lecülen, im Vergleiche zu der der beiden Körper unter sich, in directem Verhältnisse ihrer Theilung wächst.

Und da man ausserdem unterstellen kann, dafs die Reihen aus einer beliebig grofsen Anzahl Molecüle zusammengesetzt sind, so folgt, dafs man einem Körper eine solche constitutive Form beilegen darf, dafs jedes Molecül auf sein benachbartes eine gröfsere Anziehung ausübt als die, welche jeder andere von derselben Masse gebildete Körper auf dieses Molecül ausüben würde, was auch ausserdem das Volumen oder die Masse seyn möge, welches man diesem Körper beilegen könnte.

Séguin blieb nicht bei diesem allgemeinen Resultate stehen, er hat auch untersucht, welche Beschaffenheit der Masse, Dichtigkeit, Entfernung und Anordnung man den Molecülen, die durch ihre Vereinigung die mit Cohäsion begabten Körper bilden, beilegen müsse, damit diese Körper ungeändert bleiben, wenn sie sich unter dem Einflusse einer kräftig wirkenden Masse, wie die Erde, befinden, und der Calcül ergiebt, dafs die Anziehung dieser Masse auf die verschiedenen Theile dieser Körper gröfser ist als die Anziehung dieser selben Theile unter sich, sie gegenseitig als in ihrem respectiven Schwerpunkte concentrirt betrachtend.

Dieses gerade ist die Art, wie man das Problem formuliren mufs. Denn vermag man die Erklärung der Cohäsion auf das einfache Gesetz der Attraction zurückzuführen, so mufs, wenn ein Körper, dessen Zähheit grofs genug ist, der Wirkung seines eigenen Gewichtes zu widerstehen, will man sein Zerreißen bewerkstelligen, er frei aufgehängt und blofs an seinem äufsersten Ende befestiget seyn, damit die Kraft, die gegenseitig durch seine eigenen Molecüle in seinem Aufhängpunkte ausgeübt wird, an Gröfse die der Erde auf die ganze Masse der Molecüle, welche sich zwischen diesen und dem Aufhängpunkte selbst befinden, übertreffe.

Wählen wir als Beispiel den sehr einfachen Fall eines an einem seiner Enden senkrecht aufgehängten Eisenstabes.

Der Calcül ergibt, dafs die Cohäsion des Metalles gleich ist der Kraftwirkung, welche durch eine Säule von 6000 Meter Länge ausgeübt wird, und dafs bei Ueberschreitung dieser Gränze das Gewicht des unterén Theiles ein Zerreißen bewirken würde. Denkt man sich daher eine Molecülreihe in dem Sinne der Länge des Stabes abgesondert, oder betrachtet man diesen als einfach zusammengesetzt aus einer Reihe aufeinander folgender Molecüle, so ist nothwendig in dem Punkte, wo das Zerreißen erfolgt, die Anziehung der Molecüle, welche jeder der sich auf der einen und anderen Seite dieses Punktes befindlichen Reihen zukommt, gleich der Anziehung, welche die Erde auf die Gesamtmasse der Molecüle ausübt, die zwischen der Erde und eben diesem Punkte befindlich sind.

Diese Wirkung zu bestimmen, wollen wir untersuchen, auf welche Weise in diesem Falle die Attraction auf die Molecüle wirkt, dabei unterstellend, dafs zwei Körper *A* und *B*, die von kugelliger Form sind, und von denen jeder ein Volumen besitzt, gleich und gleich dicht dem der Erde, an einem Punkte ihrer Oberfläche, sich berühren, und dafs die Summe ihrer Massen und die Entfernung ihrer Centren durch die Einheit ausgedrückt werde. Ihre gegenseitige Kraftwirkung drückt sich dann ersichtlich aus durch  $\frac{1}{1^2} = 1$ .

Unterstellt man nun, diese Körper seyen in Kugeln von 1 Meter Durchmesser getheilt von derselben Dichtigkeit, so wird, da der Durchmesser der Erde in runder Zahl 12 000 000 Meter beträgt, die Zahl der Kugeln einer jeden dieser Massen (12 000 000)<sup>3</sup> seyn, und es drückt sich die Anziehung jeder dieser Kugeln auf die mit ihr in Berührung stehende aus durch:

$$\left(\frac{1}{12\,000\,000}\right)^3 : \left(\frac{1}{12\,000\,000}\right)^2 = \frac{1}{12\,000\,000}.$$

Hieraus folgt, dafs, nimmt man die Dichtigkeit dieser Kugeln als 12 000 000 mal gröfser, oder, in anderen Worten, ihre Anzahl als 12 000 000 mal kleiner an, jede derselben die Eigenschaft besitzt, auf die Oberfläche eine Anziehung

auszuüben gleich der der beiden großen Körper auf einander. Da jedoch die Anziehung der sich berührenden Kugeln groß genug seyn muß, wie wir dies bestimmt haben, um eine Reihe von 6000 Kugeln zu tragen, so muß ihre Kraftwirkung in diesem Punkte auch 6000mal beträchtlicher seyn; und dies erhält man nun, wenn man ihre Dichtigkeit vermehrt, oder ihre Anzahl verringert in demselben Verhältnisse von 1 zu 6000, so daß diese sich vermindert auf:

$$\frac{(12\,000\,000)^3}{12\,000\,000 \times 6000} = 24 \times 10^9.$$

Unabhängig von der Wirkung, welche die beiden Kugeln, oder benachbarten Molecüle einzeln auf einander ausüben, wirkt jedes derselben auf alle anderen derselben Reihe, welche Wirkung gemessen wird durch ihre Masse, getheilt durch das Quadrat der Entfernung zwischen denselben. Bezeichnen wir mit  $a, a', a'' \dots b, b', b'' \dots$  die Kugeln, oder Molecüle, welche respective der auf der einen und anderen Seite des Berührungspunktes befindlichen Reihe zugehören, und rechnen wir ihre Abstände von diesem Punkte an, so finden wir, daß die Summe der gegenseitigen Anziehung beider Reihen umfaßt: 1) die Anziehung von  $a$  auf  $b$ , gleich  $\frac{1}{1^2} = 1$ ; 2) die Anziehungen von  $a$  auf  $b'$  und von  $a''$  auf  $b$ , jede gleich  $\frac{1}{2^2} = \frac{1}{4}$ , und zusammen gleich  $\frac{1}{2}$ ; 3) die Anziehungen von  $a$  auf  $b''$ , von  $a'$  auf  $b'$ , von  $a''$  auf  $b$ , jede gleich  $\frac{1}{3^2} = \frac{1}{9}$ , und zusammen gleich  $\frac{1}{3}$ ; u. s. f. Das Gesetz der Progression offenbart sich schon in den ersten Gliedern, und die Summe der Anziehungen, oder die totale Anziehung der einen Molecularreihe auf die andere ist folglich gegeben durch die Summe der 6000 ersten Glieder der Reihe  $1, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \text{etc.}$  Fügt man die 9 ersten Glieder zusammen, so erhält man 2,83. Nimmt man die 90 folgenden Glieder und sucht deren Summe, so wird man zu demselben Werthe kommen, weil man 10mal mehr Glieder hat, von denen jedes im Mittel

einen 10mal kleineren Werth hat; und theilt man alle anderen Glieder in Gruppen, deren Gliederzahlen successive 10mal gröfser sind, d. h. von 900 bis 9000, von 9000 bis 90000, so wird deren Werth für jede Gruppe derselbe seyn. Folglich wird die Summe der Glieder der Reihe, gleich der Summe der Werthe der Gruppen, durch das Product, welches man durch Multiplication des Logarithmen der Zahl der Glieder mit dem gemeinsamen Werthe der Gruppen erhält, ausgedrückt werden können, weil die Anzahl der Gruppen der Logarithmus der Zahl der Glieder ist. In vorliegendem Falle ist die Gliederzahl 6000, ihre Summe also:

$$2,83 \times \log. 6000 = 2,83 \times 3,778 = 10,79,$$

oder in runder Zahl 10. Man kann daher in Folge dieser zweiten Quelle der Attraction in Verbindung mit der ersten die Molecüle 10mal weniger dicht und ihre Anzahl 10mal beträchtlicher, d. h. gleich  $24 \times 10^{10} = 240\,000\,000\,000$  annehmen. Diese Betrachtungen thuen dar, dafs die durch die Kugeln oder Molecüle gegenseitig ausgeübte Wirkung zwei deutlich unterschiedenen Ursachen entspringt, und es ist daher von Wichtigkeit, diese im Einzelnen zu betrachten. Die erste ist die Thätigkeit der Molecüle auf benachbarte, und ihre Wirkung vermehrt weder, noch vermindert sie die Gesamtlänge, welche die Molecüle bilden würden, wenn man sie einzelnen aneinander gereiht sich dächte. In der That, in dem uns beschäftigenden Falle ist diese Länge  $\frac{(12\,000\,000)^3}{12\,000\,000 \times 6000} = 24\,000\,000\,000$  Meter, wenn jede Kugel 1 Meter Durchmesser hat; für Kugeln von 1 Millimeter Durchmesser erhielte man nun z. B. auf gleiche Weise  $\frac{(12\,000\,000\,000)^3}{12\,000\,000\,000} = 24\,000\,000\,000$  Kugeln von einem 1000mal kleineren Durchmesser, was dieselbe Länge von 24 000 Millionen Metern ergibt. Die zweite Quelle der Cohäsion ist die Thätigkeit, ausgeübt durch die nicht benachbarten Molecüle; nun ist gezeigt worden, dafs diese zweite Kraftwirkung wächst proportional dem Loga-

rithmen der Zahl der Molecüle, und dafs sie eigentlicher noch abhängt von dem Grade der Theilung und Dichte, auf welchen man die Molecüle gebracht hat.

So sind wir zu dem Fundamentalschlusse gelangt, dafs, um die Phänomene der Cohäsion zu erklären, ohne auf andere Ursachen als die Newton'sche Attraction zurückzugehen, es vollständig hinreicht, anzunehmen: 1) die Molecüle der Körper gruppiren sich in Reihen, die um so länger sind, je gröfser die Cohäsion ist; 2) die Dimensionen der in Reihen gruppirten Molecüle sind so klein, dafs sie alle Vorstellungen übertreffen, welche wir uns von unendlich kleinen Quantitäten machen können. Man sieht in der That alsdann ein, dafs der Logarithme der Zahl, welche die Quantität der in einer Reihe von endlicher und beliebig kleiner Länge enthaltenen Molecüle ausdrückt, selbst grofs genug seyn kann, um ins Unbestimmte die Anziehung zu vermehren, welche die verschiedenen Theile des Systemes unter sich verbindet; daher kann man auch voraussetzen, dafs die Dichtigkeit jedes Molecüls und folglich die von ihm einzeln auf sein benachbartes ausgeübte Anziehung um so geringer sey, je gröfser der Logarithmus der Zahl der die Reihe bildenden Molecüle.

Diese Schlüsse Séguin's in Bezug auf die ungeheuer grofse Anzahl und unendliche Kleinheit der Molecüle der Körper stimmt ganz mit der gewöhnlichen Ansicht der Physiker überein. Schon Musschenbroeck hatte als erwiesen, selbst experimentell erwiesen, folgende Sätze ausgesprochen: 1) Wie grofs auch das Volumen eines Körpers seyn mag: die zwischen seinen Molecülen befindlichen leeren Räume sind doch bedeutend genug, um begreiflich zu machen, dafs dieser Körper ohne irgend einen Verlust seiner Substanz auf ein unendlich kleines Volumen reducirt werden kann, ähnlich einem Sandkorne oder dem kleinsten Atome sichtbarer Materie; 2) in dem kleinsten Sandkorne, in dem kleinsten Atome sichtbaren Staubes, giebt es Theile genug, welche man abtrennen kann, oder welche wirklich abgetrennt sind, um daraus eine Kugel von beliebiger

Größe zu formen, in welcher zwei benachbarte oder angränzende Atome in einer Entfernung sich befinden, kleiner als jede angebbare Länge. Séguin drückt sich, ohne diese Sätze des gelehrten holländischen Physikers im Geringsten zu ändern, anders aus: Von welcher Dichte auch die Körper seyn mögen, sagt er, die letzten Atome sind in Bezug auf ihr Volumen eben so weit von einander entfernt, als die Himmelskörper im Raume es sind.

Es erübrigt noch, auseinander zu setzen, wie Séguin die Intensität der anziehenden Kräfte der Materie im Zustande der äußersten Theilung experimentell zu constatiren versucht hat. Er hat als Beispiel den Fall gewählt, wo in Folge chemischer Reaction, welche zwischen Substanzen verschiedener Natur bei ihrer Auflösung in Wasser vor sich geht, ein fester Körper sich bildet und mitten in der Flüssigkeit erscheint. Er selbst hat einen optischen Apparat construirt, bestimmt, den durch die Molecüle in dem Momente, wo sie in festem Zustande erscheinen, durchlaufenen Raum zu messen, einen Raum, den sie zurücklegen, um von dem Punkte, wo die Anziehung jedes der wirk-samen Mittelpunkte aufhört, bis zu dem zu gelangen, wo sie einen der flockenartigen Kerne bilden, deren Vereinigung den Niederschlag bildet. Indem er dann jeden der Gruppierungsmittelpunkte wie eine Masse auf die entferntesten Molecüle anziehend einwirkend betrachtet, hat er den Raum, den diese kleine Masse in einer gegebenen Zeit die angezogenen Molecüle zu durchlaufen zwingt, verglichen mit dem, welchen die Erde in derselben Zeit einen auf ihrer Oberfläche befindlichen Körper hätte durchlaufen lassen.

Es war von Wichtigkeit, mit einem Niederschlage zu operiren, dessen Bildung nicht allzu schnell geschah. Séguin wählte demzufolge den, welcher sich bei der Auflösung von Seife in Wasser bildet, worin schwefelsaurer Kalk sich in Lösung befindet; einen Theil dieses Wassers goss er in einen kleinen Trog, der am Grunde durchscheinend war, stellte ihn in den Brennpunkt von Strahlen, welche

einem Systeme von Linsen parallel waren, und tauchte ein Stückchen feuchter Seife in denselben; es bildete sich augenblicklich, in weniger als einer Sekunde, ein flockenartiger Niederschlag, zusammengesetzt aus abwechselnd dunkeln und hellen Theilen und gebildet durch äußerst dünne Fäden, deren respective Lagen, Formen und Dimensionen nicht merklich während der Dauer der Beobachtung sich änderten. Er maß mittelst eines in das Ocular des Apparates eingesetzten Mikrometers die Entfernung der Centren der hellen und dunkelen benachbarten Theile; ein Mittel aus mehreren Beobachtungen ergab für diese Entfernung  $0^{\text{mm}},36$ , welche Größe die Kante des kleinen Würfels ausdrückt, der die im Wirkungsmittelpunkte gruppirte feste Masse umfaßt, und beinahe dem Volumen einer Kugel von 3 Millimeter Durchmesser gleichkommt.

Das Volumen dieser kleinen Masse gleich 1 gesetzt, findet man durch Rechnung, daß das der Erde durch  $7641 \times 10^{25}$  ausgedrückt wird; aber da das Wasser nur ein Tausendtel seines Gewichtes feste Masse aufgelöst enthielt, deren Dichte nur der Hälfte der der Erde gleich ist, so muß obige Zahl noch mit 2000 multiplicirt werden; sie wird so  $15282 \times 10^{28}$  und drückt die Beziehung der Masse der Erde zur Masse des Flockens, dessen Volumen 1 ist, aus.

Diefs unterstellt, erhält man endlich das Verhältniß der Anziehungen in der Entfernung dadurch, daß man obige Zahl durch das Quadrat des Verhältnisses der Radien der kleinen Masse und der Erde, oder durch  $18 \times 10^{18}$  theilt; so ergibt sich  $8487 \times 10^9$ ; und da die Erde die auf ihrer Oberfläche befindlichen Körper einen Raum von ungefähr 5 Meter in der ersten Sekunde ihres Falles durchlaufen läßt, so folgt, daß die kleine Masse, bei einer nach denselben Gesetzen vor sich gehenden Wirkung auf das Molecül, dieses in derselben Zeit nur einen Raum von 5 Meter getheilt durch vorhergehende Zahl, oder  $\frac{1}{16974 \times 18^9}$  Meter hätte durchlaufen lassen müssen, oder als Decimalzahl, die

Zahl 6029 mit vorausgehenden zwölf Nullen. Aber der in einer Sekunde durchlaufene Raum ist ersichtlich gleich der Hälfte des Raumes, welchen das durchscheinende, die beiden kleinen Materienanhäufungen trennende Wasser einnahm; und Séguin hat durch ein Mittel aus mehreren Beobachtungen gefunden, daß dieser Raum  $0^{\text{mm}},6$  betrug, d. h. siebenhundert Milliarden mal größer war, als wenn die Anziehung der kleinen Masse auf das Molecül nur das Resultat der Anziehung aller es zusammensetzenden Theile, betrachtet als concentrirt in ihrem Schwerpunkte, gewesen wäre. Daher mußten nothwendig der Zustand der äußersten Theilung und die unendliche Kleinheit ins Mittel treten, um in ungeheurem Verhältnisse die Anziehung, welche die Gruppierung bewirkt hat, zu vermehren.

Diese Experimente Séguin's sind nur ein erster Versuch, aber ein sehr glücklicher, welcher neue Wege öffnet und welchen man vergleichen kann mit der ersten Rechnung, in Folge deren Newton, die beobachtete Fallgröße des Mondes mit der Fallgröße der auf der Erdoberfläche befindlichen Körper vergleichend, zu dem Schlusse gelangte, daß den Bewegungen des Mondes als einzige Ursache die Anziehung der Erde in umgekehrtem Verhältnisse des Quadrates der Entfernung zu Grunde liege.

### VIII. *Tangentenbussole nach einem neuen elektrodynamischen Princip; von Hrn. Gauguin.*

(Ein Schreiben an Hrn. Despretz. *Compt. rend. T. XXXVI. p. 191.*)

Neulich haben Sie der Academie eine ausgedehnte Arbeit über die Tangentenbussole des Hrn. Pouillet mitgetheilt und darin gezeigt, daß die Tangenten der Ablenkungen der Nadel dieses Instruments nicht genau den Intensitäten der elektrischen Ströme proportional sind, wenigstens so-

bald nicht der vom Strom durchlaufene Kreis von sehr großem Durchmesser ist.

Beim Nachdenken über die Resultate, welche Sie erhielten, bin ich zu der Ansicht geführt, daß es möglich sey, die Intensitäten den Tangenten proportional zu machen, wenn man an dem Instrument eine sehr einfache Abänderung anbringt, darin bestehend, daß man den Mittelpunkt der Magnetnadel außerhalb der mittleren Ebene des vom Strom durchlaufenen Kreises und in einem gewissen Abstand von ihr aufstellt.

Um diese Idee durch den Versuch auf die Probe zu stellen, liefs ich durch Hrn. Froment eine Tangentenbussole anfertigen, bei welcher der Kreis parallel mit sich selbst verschiebbar, und somit in verschiedene Abstände vom Mittelpunkt der Magnetnadel zu versetzen war; bei dieser Einrichtung konnte ich (durch eine sogleich zu beschreibende Methode) bestimmen, wie groß, für jede Stellung des Kreises, der entsprechende Werth der *Abweichung* (*écart*; so nenne ich den Unterschied zwischen der wahren Intensität und der durch die Tangente der erhaltenen Ablenkung gemessenen Intensität) war; ich kam dadurch zu folgenden Resultaten.

Ist der Kreis von kleinem Durchmesser und nimmt er die gewöhnliche Stellung ein, d. h. fällt sein Mittelpunkt zusammen mit dem der Magnetnadel, so ist der Werth der Abweichung bedeutend, sobald die Ablenkung selbst etwas groß ist. Wenn man aber den Kreis vom Mittelpunkt der Nadel entfernt, so findet man, daß die Abweichung, welcher eine bestimmte Ablenkung entspricht, mit dieser Entfernung abnimmt. Ist er bis zu einem gewissen Abstand gelangt, so ist die Abweichung Null für alle Ablenkungen; jenseits dieses Abstandes erscheint die Abweichung wieder, aber mit umgekehrtem Zeichen und ihr absoluter Werth wächst mit dem Abstände, wenigstens innerhalb ziemlich weiter Grenzen.

Ich operirte successive mit zwei verschiedenen Kreisen. Der eine von ihnen hielt 214 Millimeter im Durchmesser,

und ich fand, daß er in einen Abstand von 54 Millimet. vom Mittelpunkt der Nadel gebracht werden mußte, damit die Abweichung Null werde. Der zweite Kreis hielt 263 Millimet. im Durchmesser und, um die Abweichung zu vernichten, mußte er 66 Millimet. vom Mittelpunkt der Nadel entfernt werden. Aber 54 ist sehr nahe ein Viertel von 214, und 66 ist auch sehr nahe ein Viertel von 263. Diese Beobachtung führte natürlich zu dem Glauben, daß man mit einem Kreise von beliebigem Durchmesser würde eine Tangentenbussole construiren können, wenn man ihn in einem Abstand aufstellte, der gleich dem Viertel seines Durchmessers vom Mittelpunkt der Nadel wäre.

Da ich mit der Analyse nicht hinlänglich vertraut bin, um die Relation zu bestimmen, welche nach der Ampère'schen Theorie zwischen dem Durchmesser des Kreises und dem Abstand desselben vom Mittelpunkt der Nadel in dem Falle stattfinden muß, wo die Abweichung Null ist, so habe ich meinen ehemaligen Schulkamerad, Hrn. Bravais, gebeten, sich mit dieser Untersuchung zu beschäftigen. Er hat die Güte gehabt, sie auszuführen, und ist zu dem Satz gelangt: *daß, wenn man eine Magnetnadel der Wirkung eines kreisrunden Stroms aussetzt, und der Abstand des Mittelpunkts der Nadel von der Ebene des Stromes gleich ist einem Viertel-Durchmesser des Stromes, im Allgemeinen die Tangenten der erhaltenen Ablenkungen fast genau den Intensitäten proportional sind.* Die Abweichungen, deren Größe er berechnet hat, sind ganz zu vernachlässigende Größen, so lange nur nicht der Radius des Kreises kleiner ist als das Dreifache der Länge der Nadel; — wohlverstanden, daß dabei immer vorausgesetzt wird, der Mittelpunkt der Nadel liege auf dem Perpendikel der Kreisebene, gezogen durch den Mittelpunkt des Kreises.

Das ausgesprochene Princip erlaubt, Tangentenbussolen von sehr großer Empfindlichkeit zu construiren. Es ist nämlich klar, daß der geometrische Ort aller zur Bildung einer Tangentenbussole geeigneten Kreise ein gerader Kegel ist, dessen Scheitel im Mittelpunkte der Nadel liegt

und dessen Winkel sich leicht bestimmen läßt. Denkt man sich einen mit Seide besponnenen Metalldraht auf die Oberfläche dieses Kegels gewickelt, so wird jede Windung Ablenkungen geben, deren Tangenten die Intensität des Stromes messen werden, und klar ist, daß der *konische Multiplikator*, gebildet aus dem Vereine aller dieser Spiralwindungen, dieselbe Eigenschaft besitzen wird. Ich habe einen Multiplikator dieser Art ausführen lassen, mittelst dessen man die Intensität sehr schwacher Ströme messen kann.

Es bleibt mir noch übrig, Ihnen die experimentelle Methode auseinander zu setzen, welche ich angewandt, um zu den eben angeführten Resultaten zu gelangen. Ich ersetzte den Kupferstreifen, welcher den Kreis der gewöhnlichen Tangentenbussolen bildet, durch vier mit Seide besponnene Kupferdrähte von etwa 1 Millim. Durchmesser; ich leitete den Strom einer constanten Kette bald durch einen einzigen dieser Drähte, bald durch alle vier endweise verknüpft, und ich verglich mit einander die Tangenten der mit dem einfachen und dem vierfachen Draht erhaltenen Ablenkungen. Klar ist, daß wenn die vier Drähte, einzeln genommen, gleiche Wirkungen auf die Nadel ausüben, der Strom, welcher sie successive durchläuft, die vierfache Wirkung von der eines einzigen Drahts erzeugt, und es reicht hin, um die Angaben des Instruments zu prüfen, daß man untersuche, ob die Tangenten der Ablenkungen sich wie 4:1 zu einander verhalten, und wenn sie es nicht thun, daß man berechne, wie viel sie davon abweichen.

Damit diese Methode zu genauen Resultaten führe, ist es nöthig, die vier Drähte so anzuordnen, daß ihre Wirkung auf die Nadel vollkommen gleich sey. Ich glaube dieß mittelst folgender Einrichtung erreicht zu haben: Die vier Drähte wurden auf einen isolirten Draht von etwa 2 Millimet. Durchmesser (der bloß als Kern diente) in Schraubenlinien von gleichem Gang und gleichem Durchmesser aufgewickelt, und die aus dem System dieser vier Schraubendrähte gebildete Litze wurde wiederum in die Hohlkehle

einer kreisrunden Rolle gelegt; da jeder der schraubenförmigen Ströme dann als *aequivalent* betrachtet werden konnte einem kreisrunden Strom in Richtung der Circumferenz, welche den Schraubendrähten als gemeinschaftliche Axe diente, so ist klar, dafs die vier Ströme unter einander gleich seyn mußten, was ich auch übrigens durch den Versuch bestätigt habe.

Damit die Intensität des Stromes unverändert bleibe, ist erforderlich, dafs man, in dem Fall, wo der Strom blofs einen der Schraubendrähte durchläuft, einen *Compensationsdraht* in die Kette einschalte, dessen Widerstand gleich ist dem der drei dann ausgeschlossenen Schraubendrähte; ich hatte die Länge dieses Drahts mit vieler Sorgfalt bestimmt. Außerdem traf ich alle von Ihnen empfohlenen Vorsichtsmafsregeln, sowohl um eine möglichst constante Kette zu erhalten, als auch um die Intensitäts-Schwankungen zu compensiren, welche selbst die constanteste Kette darbietet.

---

IX. *Zusatz zu den elektro-dynamischen Versuchen des Hrn. Gaugain; von Hrn. Bravais.*

(*Compt. rend. T. XXXVI. p. 193.*)

Nachdem Hr. Gaugain mir seine interessanten Beobachtungen über die Tangentenbussole gütigst mitgetheilt hatte, erkannten wir bald: 1) dafs derjenige Abstand des Mittelpunkts der Nadel vom Mittelpunkt des Stroms, welcher die Intensitäten den Tangenten proportional macht, in einem bestimmten Verhältnisse zum Durchmesser des Kreises steht, und 2) dafs dieß Verhältniß wenig von dem 1:4 abweicht. Es blieb nun zu sehen, ob die Ampère'sche Theorie hiermit im Einklang stehe.

Hat man einen kreisrunden elektrischen Strom vom Radius  $R$  und der Intensität  $i$ , im magnetischen Meridiane

stehend, und einen magnetischen Nordpol von der Intensität  $\mu$ , der um  $N$ -Einheiten nördlicher, und um  $E$ -Einheiten östlicher liegt als der Mittelpunkt des Stroms; nennt man ferner  $R\varphi$  den Bogen vom Strom, gezählt vom Nordpunkt bis zum betrachteten Element, und  $X, Y, Z$  die drei Componenten der auf den Pol ausgeübten elektrodynamischen Gesamtwirkung, die  $X$  gezählt gegen den magnetischen Osten, die  $Y$  gegen den magnetischen Norden und die  $Z$  gegen das Zenit, so findet man:

$$X = \int_0^\pi \frac{2\mu i R(R - N \cos \varphi) d\varphi}{(E^2 + R^2 + N^2 - 2NR \cos \varphi)^{\frac{3}{2}}}$$

$$Y = \int_0^\pi \frac{2\mu i R E \cos \varphi d\varphi}{(E^2 + R^2 + N^2 - 2NR \cos \varphi)^{\frac{3}{2}}}$$

$$Z = 0.$$

Setzt man nun voraus, die Nadel habe gegen ihren Mittelpunkt symmetrisch und in dem Abstände  $l$  von ihm liegende Pole, und ist dieser Mittelpunkt die Spitze eines geraden Kegels, dessen Höhe  $D$  und dessen Grundfläche der Strom ist; nennt man überdies  $\Delta$  den Winkel der Ablenkung aus dem magnetischen Meridian, so wird man haben:

$$N = l \cos \Delta, \quad E = D + l \sin \Delta$$

und schreibt man außerdem

$$\varrho^2 = R^2 + D^2 + l^2$$

so wird das von der Resultante von  $X$  und  $Y$  um die Verticale ausgeübte Drehungsmoment seyn:

$$2\mu i R l \int_0^\pi \frac{R \cos \Delta - (D \sin \Delta + l) \cos \varphi}{(\varrho^2 + 2l D \sin \Delta - 2l R \cos \Delta \cos \varphi)^{\frac{3}{2}}} d\varphi.$$

Um den Ausdruck für das auf den zweiten oder Süd-Pol der Nadel ausgeübte Moment zu erhalten, verändere man erst  $l$  in  $-l$ , und dann das allgemeine Zeichen des vorstehenden Ausdrucks. Die Summe dieser beiden Ausdrücke giebt das elektrodynamische Doppelmoment (*couple électrodynamique*), das man nur noch dem terrestrischen

Doppelmoment, dessen Werth  $= 2M\mu l \sin \Delta$ , worin  $M$  die absolute Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus, gleich zu setzen hat. Macht man nun zur Abkürzung:

$$R \cos \Delta = a, \quad l \sin \Delta = b$$

so findet man:

$$2M\mu l \sin \Delta = \frac{2\mu i R l}{\varrho^3} \left\{ \int_0^\pi \frac{a - b \cos \varphi - l \cos \varphi}{\left[1 + \frac{2l}{\varrho^2} (b - a \cos \varphi)\right]^{\frac{3}{2}}} d\varphi + \int_0^\pi \frac{a - b \cos \varphi + l \cos \varphi}{\left[1 + \frac{2l}{\varrho^2} (b - a \cos \varphi)\right]^{\frac{3}{2}}} d\varphi \right\}$$

Entwickelt man die beiden Wurzelgrößen nach wachsenden Potenzen von  $l$ , und erwägt, daß

$$\int_0^\pi \cos^{2n} \varphi d\varphi = \frac{1 \cdot 3 \dots 2n-1}{2 \cdot 4 \dots 2n} \pi$$

$$\int_0^\pi (a - b \cos \varphi)(b - a \cos \varphi)^{2n} d\varphi$$

$$= \frac{2n+2}{2n+1} \int_0^\pi -\cos \varphi (b - a \cos \varphi)^{2n+1} d\varphi$$

$$\int_0^\pi -\cos \varphi (b - a \cos \varphi)^{2n+1} d\varphi$$

$$= \frac{1 \cdot 3 \dots 2n+1}{2 \cdot 4 \dots 2n+2} a \left\{ a^{2n} + \frac{n}{1} \cdot \frac{2n+2}{1} a^{2n-2} b^2 + \frac{n(n-1)}{1 \cdot 2} \cdot \frac{(2n+2) 2n}{1 \cdot 3} a^{2n-4} b^4 \right\}$$

dividirt darauf die beiden Glieder der obigen Gleichung durch  $2\mu l \cos \Delta$ , unter Erwägung, daß

$$\frac{a}{\cos \Delta} = R$$

so kommt

$$M \tan \Delta = \frac{2\pi R^3 i}{\varrho^3} \left\{ \left(1 - \frac{3l^2}{2\varrho^2}\right) + \frac{3 \cdot 5 l^2}{2 \cdot 2 \varrho^4} \left(1 - \frac{7l^2}{4\varrho^2}\right) (a^2 + 4b^2) + \frac{3 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 9 l^4}{2 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 4 \varrho^8} \left(1 - \frac{11l^2}{6\varrho^2}\right) (a^4 + 12a^2 b^2 + 8b^4) + \dots \right\}$$

Ersetzt man nun in dieser Gleichung:

$$\begin{aligned} \varrho & \text{ durch } (R^2 + D^2)^{\frac{1}{2}} \left(1 - \frac{l^2}{R^2 + D^2}\right)^{\frac{1}{2}} \\ a^2 + 4b^2 & \text{ durch } R^2 + (4D^2 - R^2)\sin^2 \Delta \\ a^4 + 12a^2b^2 + 8b^4 & \text{ durch } R^4 + 2R^2(6D^2 - R^2)\sin^2 \Delta \\ & + (R^4 - 12R^2D^2 + 8D^4)\sin^4 \Delta \dots \end{aligned}$$

so erhält man eine Entwicklung, geordnet nach Potenzen von  $l$  und  $\sin \Delta$ .

Begnügt man sich mit den Gliedern in  $l^2$ , und vernachlässigt die in  $l^4$ ,  $l^6 \dots$ , so kommt:

$$\begin{aligned} i &= \frac{M(R^2 + D^2)^{\frac{1}{2}}}{2\pi R^3} \left\{ 1 - \frac{3l^2(R^2 - 4D^2)}{4(R^2 + D^2)^2} \right\} \times \\ & \times \left\{ 1 + \frac{15l^2(R^2 - 4D^2)}{4(R^2 + D^2)^2} \sin^2 \Delta \right\} \tan \Delta \end{aligned}$$

oder einfacher:

$$i = K \left[ 1 + G \left( \frac{1}{4} - \frac{D^2}{R^2} \right) \left( 1 - \frac{D^2}{R^2} \right)^{-2} \sin^2 \Delta \right] \tan \Delta \quad . \quad (1),$$

worin  $K$  und  $G$  immer positive Größen sind,  $K$  blofs von  $M$ ,  $R$ ,  $D$ , und  $l$  abhängt, und  $G$  von  $R$  und  $l$ .

Diese Formel zeigt, dafs  $i$  im Allgemeinen nicht der  $\tan \Delta$  proportional ist. Für  $\frac{D^2}{R^2} < \frac{1}{4}$  wächst die Intensität rascher als die Tangente; für  $\frac{D^2}{R^2} = \frac{1}{4}$  wird die Intensität ihr proportional, abgesehen von den Gliedern in  $l^4$ , welche wir vernachlässigt haben; für  $\frac{D^2}{R^2} > \frac{1}{4}$  endlich wächst die Intensität weniger rasch als die Tangente. Man kann sich Rechenschaft geben von diesen Veränderungen, wenn man setzt:

$$R = 1, \quad z = \left( \frac{1}{4} - D^2 \right) (1 + D^2)^{-1}$$

und  $D$  als Abscisse und  $z$  als zugehörige Ordinate betrachtet. Dann findet man einen geometrischen Ort, welcher die Abscissenaxe in den Punkten  $D = \pm \frac{1}{2}$  schneidet, drei Maxima oder Minima darbietet, ein positives Maximum  $\frac{1}{4}$  entsprechend  $D=0$ , und die beiden Minima  $-\frac{1}{8}$  entsprechend

$D = \pm \sqrt{\frac{1}{2}}$ , und endlich vier Beugungspunkte, gegeben durch die Gleichung  $D = \pm \frac{1}{2} \sqrt{7 \pm \sqrt{41}}$ ; zuletzt wird die Curve eine Asymptote zu den beiden Zweigen der Abscissenaxe. In dem Maasse also  $D$  zunimmt, geht der durch den Coefficienten  $z$  gemessene Fehler von  $\frac{1}{4}$  zu 0; er ist Null für  $D = \frac{1}{2}R$ , und, nachdem er negativ geworden, erreicht er für  $D = \sqrt{\frac{3}{2}}R$  sein negatives Maximum  $-\frac{1}{3}$ , worauf er sich ins Unbestimmte der Null nähert. Diese Resultate sind genau dieselben wie die der Versuche des Hrn. Gauguin.

Im Fall die Tangentenbussole so eingerichtet wäre, daß sie der Bedingung  $R^2 - 4D^2 = 0$  genüge, könnte man sich fragen, wie groß der von den Gliedern mit  $l^4$  herrührende Fehler sey, der noch in der Proportionalität der Intensitäten mit den Tangenten der Ablenkungen stecken bleibt. Vernachlässigt man  $l^6$  und setzt

$$D^2 = \frac{1}{4} R^2, \quad \varrho^2 = \frac{5}{4} R^2 + l^2$$

so findet man

$$i = \frac{M \varrho^3 \tan \Delta}{2\pi R^2} \left[ 1 - \frac{3}{2} \frac{R^2}{\varrho^2} + \frac{15}{4} \frac{R^2}{\varrho^4} \left( 1 - \frac{7}{4} \frac{R^2}{\varrho^2} \right) + \frac{3 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 9 l^4 R^4}{2 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 4 \varrho^8} \left( \sin^2 \Delta - \frac{3}{2} \sin^4 \Delta \right) \right]$$

was man umformen kann zu

$$\begin{aligned} i &= K \tan \Delta \left[ 1 + \frac{3 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 9}{2 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 4} \cdot \frac{l^4 R^4}{\varrho^8} \sin^2 \Delta \left( 1 - \frac{3}{2} \sin^2 \Delta \right) \right] \\ i &= K \tan \Delta \left[ 1 + \frac{3 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 9}{1 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 2} \left( \frac{2l}{5R} \right)^4 \sin^2 \Delta \left( 1 - \frac{3}{2} \sin^2 \Delta \right) \right] \end{aligned} \quad (2).$$

So lange  $\Delta < 64^\circ$ , hat der Factor  $\sin^2 \Delta (1 - \frac{3}{2} \sin^2 \Delta)$  einen geringeren Zahlenwerth als  $\frac{1}{6}$ ; wenn folglich die Größe

$$\frac{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 9 \cdot 2^4 l^4}{6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 5^4 R^4} = \frac{126 l^4}{125 R^4}$$

ein zu vernachlässigender Bruch ist, so giebt die Methode

des Hrn. Gaugain die Intensität mit sehr genügender Genauigkeit proportional der Tangente der Ablenkung.

Für eine Nadel z. B., deren magnetische Länge  $2l$  gleich einem Fünftel des Durchmessers  $2R$  wäre, würde der Fehler nicht  $\frac{1}{600}$  übersteigen, und für  $\frac{l}{R} = \frac{1}{6}$  wäre er etwa  $\frac{1}{1250}$ ; diese Fehlergrößen scheinen für die Praxis sehr genügend zu seyn.

### X. Die Löwe'schen Ringe, eine Beugungs-Erscheinung; von W. Haidinger.

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den Sitzungsberichten d. K. Acad.  
zu Wien. Juli 1852.)

Als ich geleitet durch die Erscheinung des Interferenz-Schachbrettmusters <sup>1)</sup> die gelben Farben der Polarisationsbüschel, und die begleitenden violettgrauen Räume als durch Beugung hervorgebracht bezeichnete, lag bereits eine weitere mir damals unbekannte Beobachtung über die Natur der gelben Farbe der Sektoren vor, die als eine unzweifelhafte Bestätigung der dort auseinandergesetzten Ansicht gelten darf. Hr. Professor Stokes hatte nämlich bereits im Jahre 1850 eine Untersuchung über die Wirkung der verschiedenen Arten des farbigen Lichtes auf die Erscheinung der Polarisationsbüschel in der Versammlung britischer Naturforscher zu Edinburgh mitgetheilt <sup>2)</sup>. Er betrachtete zu diesem Zwecke durch ein Nicol'sches Prisma, das abwechselnd rasch um einen rechten Winkel gedreht wurde,

1) Sitzungsberichte der kais. Academie der Wissenschaften. October 1851.  
(Diese Annal. Bd. 85, S. 350.)

2) *On Haidinger's Brushes; by Professor Stokes M. R. Report of the twentieth Meeting of the British Association for the Advancement of Science; held at Edinburgh in July and August 1850. Notices and Abstracts p. 20.*

die einzelnen Farbentöne eines Spectrums, das auf einem weissen Papierblatt aufgefangen war, hervorgebracht durch ein zur Beobachtung der Fraunhofer'schen Linien mit einem Prisma combinirtes Fernrohr. Im Roth und im Gelb erschien keine Spur eines Büschels. Sie fingen erst im Grün, etwa bei der Linie *E* an, sichtbar zu werden. Sie waren besonders deutlich im Blau, vorzüglich bei der Linie *F*. Prof. Stokes konnte sie ungefähr bis zur Linie *G* verfolgen, und es schien ihm, dafs nur die Lichtschwäche verhinderte, sie noch im Violett zu sehen. Im homogenen Lichte waren die Büschel, wenn sie je erschienen, nur dunkler als das farbige Feld, aber von derselben Farbe. Im Blau erschienen sie bei Hrn. Prof. Stokes etwas kürzer als sonst.

Im weissen Lichte, so schiefst Hr. Prof. Stokes, welches aus allen Farben zusammengesetzt ist, mufs daher die Farbe der Büschel aus Roth, Gelb, ohnedem der hellsten Farbe, und vielleicht etwas Grün bestehen, die zusammen gerade den nicht ganz reinen gelblichen Ton hervorbringen, den man in der That beobachtet. Weniger glücklich als der gelbe Ton der Büschel ist vielleicht das Blau (oder Grauviolett) der begleitenden Flecken erklärt, indem sie entweder dem Farbencontrast, oder dem Umstande zugeschrieben werden, dafs das den Büscheln abgängige Licht gerade denselben zur Seite gefunden werden mufs <sup>1)</sup>.

Bei Kerzenlicht sieht man keine Büschel. Hr. Prof. Stokes sah sie deutlich, wenn er durch blaues Glas und das Nicol'sche Prisma hindurchsah. Durch das blaue Glas wird ein Theil der weniger brechbaren Strahlen des Kerzenlichtes absorbirt. Bei ziemlich dunkelblauem Glase erschienen nach Stokes die Büschel, statt gelb, roth. Dafs

1) *The blueness of the side patches may be merely the effect of contrast, or the cause may be more deeply seated. If the total illumination perceived be independent of the brushes, the light withdrawn from the brushes then must be found at their sides, which would account, independently of contrast, both for the comparative brightness and for the blue tint of the side patches.*

im Tageslichte durch das nämliche blaue Glas die Büschel nur dunkler, im Kerzenlichte aber deutlich roth erschienen, nicht sowohl durch Lichtintensität, als durch ihre Farbe verschieden, erklärt Stokes dadurch, daß das Verhältniß der rothen Strahlen gegen die blauen größer im Kerzenlicht, als im Tageslicht ist.

Farbige Gläser gaben ähnliche Erscheinungen; in rothen und gelben Gläsern kein Büschel. Grüne Gläser ließen die Büschel fast deutlicher wahrnehmen, als das gleichförmige Wolkenlicht.

Bei einer Anzahl von farbigen Gläsern, bei farbigen Auflösungen habe ich Hrn. Prof. Stokes Beobachtungen vollkommen bestätigt gefunden, namentlich die Beobachtung beim Kerzenlichte durch blaues Glas. Die Erscheinung des rothen Büschels im Kobaltglase ist besonders merkwürdig. Sie hängt wohl mit dem Umstande zusammen, daß das Kobaltglas bei einer gewissen Dicke alles Orange, Gelb und das meiste Grün bereits absorbiert hat, wie man sich leicht durch ein Prisma überzeugen kann, welches einerseits eine rothe Lichtflamme, anderseits die blaue, immer schwächer von Grün und Violett eingesäumt erscheinen läßt. Ist das Glas heller blau, so ist auch bei Kerzenlicht der Büschel gelb. Dagegen ist bei dunkelblauen Gläsern, auch wenn man gegen die Sonne sieht, und die dichroskopische Lupe zur Untersuchung angewendet, der Büschel deutlich roth; übereinstimmend mit den vorhergehenden Beobachtungen, hatte ich auf Hrn. Regierungsrath von Ettingshausen's Veranlassung längst die Erscheinungen der Büschel im homogenen Lichte zu untersuchen begonnen, aber weil die erste Beobachtung im homogenen gelben Lichte der Spiritusflamme kein besonderes Ergebniß wahrnehmen ließ, andere Lichtarten nicht ferner untersucht. Erst kürzlich, und zwar bevor ich von der Mittheilung des Hrn. Prof. Stokes Kenntniß hatte, untersuchte ich zu dem gleichen Zwecke die Auflösung des Kupferoxyd-Ammoniaks, die bekanntlich ein nahe homogenes Licht zeigt. Nach Sir John Herschel geht

diese schöne blaue Farbe in den dicksten Stellen in Violett über, so daß der reine violette Strahl in allen Dicken durch eine solche Auflösung hindurchgeht. Ich beobachtete den Contrast der beiden Bilder mit einer dichroskopischen Lupe, indem ich durch eine mit der genannten Auflösung gefüllte länglich-viereckige Flasche hindurchsah. Nach den dickeren Stellen gesehen, erscheinen nun die Büschel, nicht wie etwa auf dem Blau des Himmels gelb auf blafsblauem Grunde, sondern auf dem reinen dunkelblauen Grunde vollkommen schwarz. Schwarz ist der Abgang alles Lichts; aber wenn in dem Blau der Auflösung schon kein Grün, kein Gelb, kein Roth mehr übrig war, was konnte sich für eine andere Erscheinung zeigen, als gerade die, daß jede Farbe fehlt, und also der Büschel schwarz ist.

Mir scheint die Reihe der vorbemerkten Erscheinungen der Ansicht, daß die Farbentöne der Polarisationsbüschel auf der Beugung des Lichtes beruhen, die vollständige Gewißheit zu geben. In dem mehr gemischten Lichte, besonders in Weiß, erscheinen die gelben, kräftigen, hellern Töne auch in der Erscheinung der Büschel. Wo das schwächere Blau oder Violett fehlt, im Gelb, Roth, verschwindet das den Büschel begleitende, und ihn durch Contrast deutlicher hervorhebende Blau oder Violett ebenfalls, und man sieht das Feld einfach Gelb oder Roth. Im Gegentheile, wo das Gelb und Roth fehlt, sieht man freilich die begleitenden Räume um so deutlicher hervortreten, aber gerade da, wo der Büschel sich zeigen sollte, fehlt der Farbeindruck gänzlich, der Büschel ist schwarz, und erst nach einiger Zeit gleicht sich die Empfindung des Auges wieder zu einem gleichförmig blauen Felde aus, welches indessen sodann die Netzhaut um so empfindlicher zurückläßt, den schwarzen Büschel in der Kreuzrichtung wahrzunehmen, wenn ihm die in dieser Richtung polarisirte Lichtfläche nun dargeboten wird.

Ich beabsichtige hier nicht alle Theorien zur Erklärung der Erscheinung der Polarisationsbüschel vergleichungs-

weise wieder durchzugehen, die in ihrer Zeit mehrfach besprochen worden sind. Nur der Ansicht des Hrn. Abbé Moigno glaube ich hier erwähnen zu müssen, weil sie an sich sehr annehmbar erschien, und bisher als auch neben andern Erklärungsarten gültig angenommen werden konnte, durch die neue Beobachtung aber eben so vollständig ausgeschlossen wird, als die übrigen bisher vorgeschlagenen Erklärungsarten durch anderweitige Betrachtungen bereits unstatthaft erschienen. Hr. Moigno betrachtete nämlich das Gelb der Büschel als durch das Maximum des Lichtes, das Violett als durch das dazu complementäre Minimum hervorgebracht <sup>1)</sup>, eine Ansicht, welcher ich gerne beipflichtete <sup>2)</sup>, weil sie doch einige Rechenschaft über die Natur der Farbentöne zu geben schien. Allein man findet die Büschel im reinen Blau schwarz. Diefes ist nicht nur Abgang von Roth, Gelb und Grün, sondern es ist Abgang des Maximums vom Licht überhaupt. Die Form der Erscheinung bleibt, aber die Farbe verschwindet. Die Erklärung, dafs der Büschel durch das Maximum von Licht überhaupt hervorgebracht sey, findet sich also durch die neueren Beobachtungen von Stokes und von mir gänzlich ausgeschlossen.

Zur Beobachtung der schwarzen Büschel kann man anstatt des Contrastes der beiden Bilder der dichroskopischen Lupe auch sehr einfach und zweckmäfsig einer Turmalinplatte sich bedienen, welche man auf das die blaue Flüssigkeit enthaltende Fläschchen legt und mit den beiden Daumen von der Seite her fest hält, so dafs es vollkommen um den Azimuthwinkel von  $90^\circ$  beweglich bleibt, um den es zur Hervorbringung des Contrastes der in zwei senkrecht auf einander stehenden Richtungen polarisirten Lichtflächen herumgedreht werden mufs. Man hält die ganze Gruppe fest vor das Auge und blickt gegen ein gleichförmiges Lichtfeld hin, am besten gegen einen gleichförmig grauen Wolkenhimmel.

1) *Répertoire d'Optique. IV.*

2) Pogg. Ann. Bd. 68, S. 74.

Als ich die Beobachtung das erstemal anstellte, war ich indessen kaum mehr über das Erscheinen der Büschel mit schwarzen Farben überrascht, als durch das gleichzeitige Hervortreten der Löwe'schen Ringe, und zwar in einem so innigen Zusammenhange, daß sie in der That wie ein einziges aus einem Gusse mit den Polarisationsbüscheln hervorragendes Phänomen sich darstellten.

Die Erscheinung selbst ist in der Taf. IV. Fig. 1. beiläufig dargestellt. Zu Innerst die Erscheinung der schwarzen Büschel; aber gegen aufsen unmerklich verlaufend und gänzlich umgeben von dem rund herum zusammenhängenden Löwe'schen Ringe, der wie der Büschel auch im Blau am dunkelsten sich zeigt. Zieht man die Turmalinplatte zwischen dem blauen Kupferoxyd-Ammoniakfläschchen und dem Auge hinweg, so bleibt der Eindruck des Ringes allein noch übrig, verliert aber doch auch bei längerem Hindurchsehen an Intensität.

Die Löwe'schen Ringe sind noch bisher so wenig Gegenstand der Untersuchung der Physiker gewesen, daß ich hier wohl das Wichtigste zur Charakterisirung derselben wiederholen darf, so wie ich die Nachricht am 1. Januar 1847 in einer Versammlung von Freunden der Naturwissenschaften <sup>1)</sup> gegeben habe. Hr. General-Probirer A. Löwe beobachtete, daß wenn man durch ganz klare seladongrüne Auflösungen von Chromchlorid im Wasser gegen einen hellen Grund hinblickt, sich dem Auge genau in der Sehrichtung auf dem grünen Grunde violette Ringe darstellen, und das zwar stets von scheinbar gleicher Größe — mit der Iris des Auges vergleichbar, welche die Pupille umgiebt — man mag nun durch cylindrische oder flache von Ebenen begränzte Glasflaschen hindurchsehen, man mag sie ganz nahe vor das Auge halten oder sie in der Entfernung des deutlichsten Sehens dem Auge darbieten. Auflösungen von Chromalaun, von grünem mangan-sauren Kali bei seinem Uebergange in die rothe Färbung

1) Berichte über die Mittheilungen von Freunden der Naturwissenschaften in Wien. Bd. II, S. 77. (Annal. Bd. 70, S. 403.)

durch Oxydation, zeigten analoge Erscheinungen; beim Chromalaun neigte sich die Farbe der Ringe in das Indigblaue. Kupferchlorid, essigsäures Kupfer gaben keine Ringe, sondern in der Sehaxe einen etwas lebhafter gefärbten helleren Fleck. Durch längeres Betrachten der Ringe erschienen auf abwechselnd betrachtetem weissen Grunde die Erscheinungen subjectiver Farben.

Ringe erscheinen auch, wenn man durch Glasplatten hindurch sieht; man vermehrt ihre Lebhaftigkeit, wenn man sie allmählig neigt, so dass man gewissermassen durch eine während der Beobachtung immer dicker werdende Schicht hindurchsieht. Nach einer von Löwe angegebenen Methode bemerkt man die Ringe immer deutlicher, wenn man das gleichfarbige durchsichtige Feld erst in einiger Entfernung betrachtet und es dann nach und nach dem Auge näher bringt. Vergrössert man die Entfernung, so wird gegentheils die Erscheinung eines etwas helleren, selbst eines complementären Flecks hervorgebracht.

Ich glaubte damals für die Erklärung mit der Einwirkung des gleichfarbigen Gesichtsfeldes auf die Netzhaut des Auges durch Ermüdung desselben auszureichen, wobei namentlich bei den von Sir John Herschel sogenannten dichromatischen Mitteln der gereizte Theil ausserhalb rings um ein kleines Centralfeld liegend vorzugsweise für die Farbe des zweiten Farbenmaximums empfindlich würde.

Schon dort (p. 81) folgt die Stelle: »Aber auch solche Mittel, die nur ein Maximum haben, zeigen oft die Erscheinung der Ringe. Darunter muss insbesondere die Auflösung von Kupferoxyd in Aetzammoniak erwähnt werden, deren schöne blaue Farbe in den dicksten Stellen nach Herschel in Violett übergeht, indem sie den reinen violetten Strahl in allen Dicken hindurchlässt. Hier erscheinen die Ringe dunkler, blau, etwas ins Violette geneigt. In grösserer Entfernung vom Auge gehalten, ist eine gleich grosse Fläche dunkler, näher zum Auge gebracht, wird sie lichter, aber der Ring erscheint.«

Seit jener Mittheilung habe ich noch oft die Löwe'-

schen Ringe gesehen. Sehr auffallend schien es mir, als ich sie kurze Zeit darauf bei Hrn. Prof. Petzval in dem Blau des prismatischen Spectrum erblickte, welches durch ein Fernrohr zur Beobachtung der Fraunhofer'schen Linie gebildet, auf mattgeschliffenem Glase aufgefangen war. Hier war nicht an ein dichromatisches Mittel zu denken, eben so wenig als bei dem Kupferoxyd-Ammoniak.

Die Projection des Ringes auf einer durch das blaue Mittel betrachteten Fenstertafel läßt eine ziemlich entsprechende Messung zu. Die Entfernung fand ich etwa zwanzigmal so groß als der Durchmesser des Ringes. Aus diesem Verhältnisse folgt die Winkelgröße des Ringes  $4^{\circ} 50'$  übereinstimmend mit der Schätzung der Größe der Polarisationsbüschel von Silbermann  $5^{\circ} 1'$  und mit der Schätzung derselben Büschel von Sir David Brewster zu  $4^{\circ} 2'$ .

Die letztere Stelle heißt »Die scheinbare Größe der Büschel ist etwa  $\approx 4^{\circ}$ , dieselbe wie die des *Foramen centrale*, und des von mir entdeckten schwarzen Fleckes von abweichender Empfindlichkeit.« Ich habe die Beschreibung dieser zuletzt angegebenen Entdeckung noch nicht aufgefunden, doch bezieht sich auf sie auch eine Stelle in Abbé Moigno's *Répertoire d'optique moderne*. Gewiß ist sie es, die mit der Erscheinung der Ringe übereinstimmt.

Aus der vollständigen Uebereinstimmung der Ringe im polarisirten und im gewöhnlichen Licht in ihrer Lage, und aus den ganz gleichen Farbentönen, welche sie in beiden zeigen, scheint hervorzugehen, daß auch eine ganz gleiche Grundursache bei der Hervorbringung der Erscheinung beider im Auge thätig ist. Daß die Beugung des Lichtes die Farbe der Polarisationsbüschel erklärt, ist, glaube ich durch die Erscheinung des Schachbrettes, durch die in der gegenwärtigen Mittheilung angeführten Arbeiten von Prof. Stokes und durch die »Schwarzen Büschel im Blau« hin-

1) *Comptes rendus etc. T. XIII, No. 13, 28. Sept. 1846, S. 629.*

2) Sitzungsberichte der kais. Academie der Wissenschaften. Math.-naturw. Classe, November-Heft 1850.

länglich fest begründet. Es blieben freilich noch mancherlei Versuche und Beobachtungen zu machen übrig, um die Verbindung mit den Ringen vollständig herzustellen und jedes Einzelne genügend nachzuweisen, dennoch glaube ich nicht anstehen zu dürfen, die oben erwähnten Beobachtungen bekannt zu machen und auf sie die Ansicht zu gründen, daß auch die Löwe'schen Ringe durch die Beugung des Lichtes bedingt sind. Als ich im verflossenen Februar das Vergnügen hatte, Hrn. Wilhelm Wertheim bei mir zu sehen, sprach er die Ansicht aus, daß die Größe der Pupille einen nicht unwesentlichen Einfluß auf die Erscheinung ausüben dürfte. Es ist dies gewiß nicht unwahrscheinlich, aber ich untersuche es hier nicht weiter, so wie ich überhaupt mehr die bisherigen Erfahrungen den theilnehmenden Forschern in diesem schönen Gebiete der Physik darlegen wollte, als daß ich alle die Arbeiten selbst unternähme, welche eine Aufklärung der mannigfaltigen Fragen versprechen, welche sich an das Bisherige anreihen.

In Verbindung mit der Erscheinung des Schachbrettes, und angeregt durch die schönen Beobachtungen der rothen Polarisationsbüschel im Blau von Hrn. Stokes, bei der Beobachtung derselben in blauem Kobaltglase von angemessenem dunklen Ton, will ich nur noch einiger Wahrnehmungen gedenken, die sich mir bei der Anwendung dieser Beobachtungen auf das Schachbrett und verwandte Erscheinungen darboten.

Man betrachte durch ein gesättigt blaues Kobaltglas, oder durch mehrere weniger gesättigte, bis man einen schönen dunklen Ton erhält, eine Kerzenflamme, die hinlänglich weit entfernt ist, um sie nur als helle Scheibe zu sehen. Die Anwendung einer Lupe erlaubt es, die Entfernung kleiner zu nehmen. Das Bild der hellen Scheibe selbst erscheint nun roth, aber sie ist von einem herrlichen blauen Rande eingefasst. Bringt man im Gegenheil die Flamme dem Auge näher als die deutlichste Sehweite, wobei man indessen wohl thut, nicht die ganze

Flamme auf einmal übersehen zu wollen, sondern man halte eine von einer runden kleinen Oeffnung durchbohrte Karte vor das Licht, so erscheint die Scheibe blau und ist von einem rothen Rande umgeben <sup>1)</sup>. Die Erscheinung hat genau denselben Grund in der Beugung der Lichtstrahlen, wie die gelben und blauen Ränder der Begrenzung von Weiß und Schwarz, welche die schöne Erscheinung des Schachbrettes hervorbringen, das im Octoberhefte des Jahrganges 1851 unserer Sitzungsberichte beschrieben ist. Eben so erscheint ein einzelner runder Punkt, etwa  $\frac{1}{4}$  Linie groß auf Schwarz, wenn man ihn dem Auge näher bringt als die deutlichste Sehweite, innen blau, umsäumt von Gelb. Entfernt man ihn jenseits der deutlichsten Sehweite, so erscheint er innen gelb, umsäumt von Blau. Die Beobachtung eines Lichtpunktes durch blaues Glas verändert die Natur der Erscheinung nicht, aber sie steigert die matten Töne des blassen Gelb und unansehnlichen Blau zu dem herrlichen Gegensatze des tiefen gesättigten Granat-roth und Lasurblau. Ausgezeichnet schön ist eben so die Beobachtung des Schachbrettmusters selbst durch das Stickpapier; auch hier erscheinen die herrlichsten rothen und blauen Töne, anstatt der gelben und bläulichen oder violettgrauen. Durch violettes Manganglas erscheint der Grund des Schachbrettes rosenroth, statt weiß, die farbigen abwechselnd dunklen Felder dazwischen, statt gelb und blafsblau, erscheinen roth und von einem schönen gesättigten Blau.

Die schwarzen Büschel kann man sehr schön und einfach auf folgende Weise beobachten. Man hält ein mit Kupferoxyd-Ammoniaklösung gefülltes Fläschchen vor das Auge, so daß das ganze Gesichtsfeld gleichförmig dunkelblau erscheint und betrachtet fest einen Punkt des blauen Himmelsgewölbes, wo das Blau ziemlich stark polarisirt ist, und also dem bloßen Auge die gelben Büschel erscheinen würden. Gewiß ist sehr bald der Löwe'sche Ring sicht-

1) Ganz Analoges beschreibt Dove in Poggend. Ann. (1852) Bd. 85, S. 405, giebt aber eine andere Erklärung. VV. H.

bar. Ohne die Lage der Auflösung zu verändern dreht man nun den Kopf so, daß man denselben Punkt unter einem Azimuthwinkel von  $90^{\circ}$  sieht. Sogleich erscheint der schwarze Büschel, begleitet von dem Löwe'schen Ringe. Bei wiederholter Veränderung der Lage wird die Erscheinung immer deutlicher.

# XI. *Versuche die relative Wärmeleitungsfähigkeit einiger Felsarten zu ermitteln;* von G. v. Helmersen in St. Petersburg.

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den *Mélanges physiques et chimiques T. I. 1851.*)

Man wufste zwar bisher, daß die Felsarten überhaupt zu den schlechten Wärmeleitern gehören und hatte, sowohl bei ihrer Anwendung beim Bau, als auch bei Temperaturbeobachtungen in Bergwerken, erkannt, daß einige derselben die Wärme besser, andere schlechter leiten; allein es mangelten genauere Untersuchungen über diesen, für die Wissenschaft, wie für die Praxis nicht unwichtigen Gegenstand. Despretz hatte bei seinen bekannten Versuchen zur Ermittlung der Wärmeleitungsfähigkeit einiger Metalle und anderer Körper, nur mit einer Felsart, mit Marmor operirt (*Ann de Chim. et de Phys. T. 19 et 36*). Es schien mir nützlich dergleichen Untersuchungen auch mit anderen Gesteinen vorzunehmen und besonders mit solchen, die eine größere Verbreitung haben; wie Granit, Glimmerschiefer, Sandstein, dichter Kalkstein, Thonschiefer, Quarzfels u. s. w. Den Thonschiefer führe ich in der beifolgenden Tabelle noch nicht auf, welche nur über eine erste Reihe von Versuchen Rechenschaft giebt.

Durch die gefällige Vermittelung des Generals Tschewkin, ehemaligen Chefs des Stabes der Bergingenieure, erhielt ich das zu den Versuchen erforderliche Material, bestehend in rectangulären Stangen von 18 Zoll engl. Länge,

und  $1\frac{1}{2}$  Zoll im Durchschnitt. Auf einer der Längsflächen jeder Stange sind, in  $2\frac{1}{8}$  Zoll Entfernung von einander cylindrische Vertiefungen angebracht, in welche vor dem Versuche Quecksilber gegossen wurde, in das ich dann die zu diesen Versuchen eigends construirten Thermometer, bis zur völligen Bedeckung ihrer Kugeln, tauchte. Um eine ungleiche Wärmestrahlung möglichst zu verhindern, wurden alle Stangen mit ein und derselben Substanz, einer dunkeln Wasserfarbe, bestrichen. Despretz hatte sich bei seinen Versuchen einer Lampe zum Erhitzen der Körper bedient; das Feuer wirkte dabei unmittelbar auf letztere. Bei meinen Versuchen geschah die Erwärmung, auf den Rath unseres Collegen, Hrn. Lenz, um eine constante Temperatur zu haben, mittelst siedenden Wassers, das während der ganzen Dauer des Versuchs, auf dem Siedpunkte unterhalten wurde, und zwar auf die Weise, daß es das eine Ende der Stange fortwährend ganz bedeckte. Dieses Ende war zu dem Zwecke in ein metallenes Gefäß eingelassen, unter welchem eine Spirituslampe brannte. In dem Deckel des Gefäßes befanden sich zwei Oeffnungen, die eine zum Entweichen des Dampfes und Nachgießens siedenden Wassers, die andere zur Aufnahme eines Thermometers, an welchem die Temperatur des Wassers abgelesen wurde. Die Stangen lagen während der Versuche horizontal, an zwei Stellen von einem Holzgerüste unterstützt. Um eine Erhitzung der Stangen und der, der Lampe zunächst befindlichen Thermometer, durch das benachbarte Feuer zu verhindern, dienten zwei Pappwände mit dazwischen gelegter Baumwolle. Diese Vorrichtung erforderte aber so viel Raum, daß in die, dem erwärmten Ende zunächst liegende Vertiefung kein Thermometer gestellt werden konnte. Jede Stange wurde genau um dasselbe Maas in den Wasserbehälter eingelassen.

Nachdem die Thermometer eingestellt worden, wurde das Gefäß mit siedendem Wasser gefüllt und die Temperatur an den Thermometern der Stangen von fünf zu fünf Minuten abgelesen, bis ein Steigen derselben nicht mehr zu bemerken war. Für eine constante Temperatur

der Luft im Zimmer hatte man gesorgt, und die Thermometer miteinander verglichen.

Die beifolgende Tabelle enthält die Resultate dieser Versuche; die Gesteine sind in der Ordnung der abnehmenden Wärmeleitungsfähigkeit aufgeführt; als bester Leiter von den in Anwendung genommenen, erwies sich weißer Gangquarz, als schlechtester, dichter Kalkstein.

Erforderliche Zeit, um eine constante Temperatur zu erreichen. Minuten.	Höchste Temperatur, welche die in den Stangen befindlichen Thermometer erreichten. (R. °)				Temperatur der Zimmerluft. R. °	Temperatur des siedenden Wassers. R. °	Temperaturunterschied der Luft u. des erwärmten Endes d. Stange. R. °
	No. 1.	No. 2.	No. 3.	No. 4.	R. °	R. °	R. °

1. Weißer Quarz (Gangquarz) aus der Quellgegend des Flusses Tscharysch. Altai<sup>1)</sup>.

115 | 27,05 | 19,4 | 16,7 | 15,7 | 14,6 | 80,1 | 12,45

2. Quarzreicher Glimmerschiefer, aus der Gegend des Dorfes Slüdänka im Altai<sup>2)</sup>.

90 | 25,6 | 18,2 | 15,8 | 14,8 | 14,1 | 80,3 | 11,5

3. Feinkörniger Granit mit rothem Feldspath, grauem Quarz und wenig Glimmer. Bei Smeinogorsk, Altai.

120 | 23,7 | 17,5 | 15,9 | 15,4 | 15,1 | 80,3 | 8,6

4. Weißer, feinkörniger Marmor, wie Carrarischer, vom Flusse Loktewka, Altai.

140 | 23,1 | 17,1 | 15,85 | 15,4 | 15,0 | 80,1 | 8,1

5. Aphanitporphyr mit kleinen Albitkrystallen. Fluß Tscharysch im Altai.

145 | 23,1 | 16,75 | 15,3 | 14,9 | 14,55 | 80,2 | 8,55

6. Harter Serpentin aus der Gegend der Kolywanschen Steinschleiferei im Altai.

160 | 22,6 | 16,9 | 15,7 | 15,2 | 14,75 | 80,2 | 7,85

7. Feinkörniger Sandstein mit thonigkalkigem Bindemittel, aus dem Mungatschen Steinbruche im Altai.

150 | 22,5 | 16,1 | 14,85 | 14,5 | 13,8 | 80,2 | 8,7

8. Dichter, grauer Kalkstein, vom Ufer der Korbaliha, bei der Silbergrube Petrowskoi, im Altai.

140 | 21,9 | 16,25 | 14,9 | 14,5 | 14,15 | 80,2 | 7,5

1) Der Versuch währte 2 Stunden 15 Min.; bei längerer Dauer würde die Temperatur vielleicht noch um ein Geringes gestiegen seyn.

2) Die Lagen des Quarzes und Glimmers verlaufen den Längsflächen der Stange nahezu parallel.

**XII. Ueber elektrische Differenzen und über Faraday's Schwefel-Kalium-Kette;  
von R. Kohlrausch.**

(Nachtrag zu den Aufsätzen in diesen Annalen Bd. LXXIX. S. 177;  
Bd. LXXXII. 1 und 407.)<sup>1)</sup>

In meinem »*Versuche zur numerischen Bestimmung der Stellung einiger Metalle in der Spannungsreihe*«<sup>2)</sup> habe ich im letzten Paragraphen die Ansicht ausgesprochen, daß die durch die angewandten Methoden gewonnenen Zahlen erst noch der Bestätigung bedürften, indem es nothwendig erscheine, solche Condensatorplatten anzuwenden, welche unmittelbar vor dem Versuche gereinigt wären.

Um jener Untersuchung einen Abschluß zu geben, habe ich deswegen Condensatoren gebaut, welche der verlangten Eigenschaft entsprachen, und allerdings gefunden, daß meine früheren Zahlenangaben sowohl in Rücksicht der elektrischen Differenzen zwischen den Metallen, als auch der Differenzen zwischen Metallen und Flüssigkeiten einer Berichtigung bedürfen.

Diese Berichtigungen sind in (4) enthalten, während ich zunächst den jetzt benutzten Condensator kurz beschreibe. Die Schwierigkeiten, welche es macht, ein solches Instrument zu construiren, welches als trennende Schicht zwischen den Condensator-Platten nur Luft enthält, und welches dennoch bei der großen Annäherung dieser Platten die Garantie giebt, daß die trennende Schicht bei jedem Ver-

1) Da die *Royal Society* einem englischen Physiker die Mittel zur Wiederholung meiner früheren Versuche zur Disposition gestellt hat, sehe ich mich genöthigt, diesen Nachtrag, so unvollständig er ist, schon jetzt zu geben. Er liegt bereits seit anderthalb Jahren und wartet auf Vervollständigung, doch haben mich interessantere Untersuchungen aus diesem Gebiet gedrängt, da eine genauere Bestimmung der Zahlen schwerlich einen practischen Zweck hat, das Theoretische mir aber trotz der ungenauen Zahlen ziemlich versichert erscheint.

2) Diese Ann. Bd. LXXXII. S. 1.

Versuche dieselbe Dicke behalte, mag diese Beschreibung rechtfertigen.

### 1. Beschreibung des Condensators.

Die Fig. 3 Taf. IV. zeigt den Condensator, und es wird nur weniger Erläuterungen zu der Zeichnung bedürfen.

Das Fußbrett *a* ist 20,5 Zoll lang, 7 Zoll breit und 1,5 Zoll dick, woraus sich die übrigen Dimensionen nach der Zeichnung ungefähr ergeben. Von den 4 Füßen ist der eine kürzer, damit hier eine Stellschraube die Unterstützung am vierten Punkte erleichtere.

Von den beiden Haltern der Condensatorplatten ist der eine, *c*, fest zu denken, der andere, *b*, beweglich.

Mittelst zwei an seinen Enden unterhalb angebrachter Gabeln reitet oder gleitet dieser bewegliche Halter auf einem in der Mitte des Fußbrettes befestigten dreiseitigen Prisma von Stahl, durch sein Gewicht hinlänglich fest im Sitz erhalten und gegen das seitliche Kippen durch zwei Stellschrauben geschützt, welche auf zwei Linealen von Messing gleiten. Ein Gewichtsstück zieht durch eine über Rollen geleitete leinene Schnur den Halter *b* nach dem Halter *c* hin, sobald man den Haken der Feder *d* hebt, während am Griffe *e* die Hand das Gleiten mäßigt oder die entgegengesetzte Bewegung ausführt. Der Haken der Feder *d* und das Gewichtsstück bewahren den getrennten Condensatorplatten eine ganz bestimmte und unveränderliche Entfernung, was für die Messungen von Wichtigkeit ist.

Der Halter *c* ist bei *f* durch Spindel und Mutterschraube auf dem Fußbrette befestigt, doch so, daß er außer einer drehenden Bewegung auch ein geringes Neigen nach vorn und hinten und nach den Seiten gestattet, um die Möglichkeit zu geben, die Condensatorplatten einander parallel zu stellen. Das Drehen wird durch eine gegen den Pfosten *i* sich stemmende starke stählerne Spiralfeder und die entgegengesetzte Stellschraube *k* bewirkt; das Neigen vorn-

über durch die Stellschraube *g* und eine ihr entgegen wirkende starke Spiralfeder, welche im Fußbrette gehalten und durch die Schraubenmutter *h* angezogen wird; das seitliche Neigen durch die beiden andern Stellschrauben vorn.

In die Halter *b* und *c* sind messingene cylindrische Kästen eingelassen und an ihnen durch Schrauben befestigt, in welche durch Hülfe eines Sandbades mit gutem reinem Schellack die Träger der Condensatorplatten eingekittet sind. Die Kästen haben 1,75 Zoll Weite, die Träger 4 Linien Dicke, die Condensatorplatten 6 Zoll Durchmesser und etwas über 1 Linie Dicke. Auf letztere ist in der Mitte eine niedrige Platte mit Schraubenspindel gelöthet, welche zum Anschrauben an die Träger dient. So können leicht die Platten abgeschoben, auf einer Drehbank gereinigt und wieder angeschoben, oder auch bloß mit andern vertauscht werden, wobei man sich immer reiner Handschuh zu bedienen hat.

Bei der Annäherung der Condensatorplatten tritt ein Schraubenkopf des in den Halter *b* eingeschobenen Messingpfostens *n* gegen den Pfosten *m* und es ist leicht zu sehen, wie man den Grad der Condensation durch Regulirung am Schraubenkopfe *n* in der Gewalt hat.

## 2. Gebrauch des Condensators.

Um die Ladungen des Condensators und die Uebertragung dieser Ladungen an das Elektrometer bequem bewerkstelligen zu können, dient ein kleiner Apparat Fig. 4 Taf. IV.

Ein hölzerner, mit Blei ausgegossener Klotz trägt eine Anzahl isolirter Quecksilbernäpfchen und ebenso eine Anzahl Kupferhaken, um diese Näpfchen mit der Erde verbinden zu können. In der Figur ist die Einrichtung so getroffen, daß gleichzeitig mit zwei Condensatoren gearbeitet werden kann.

Was die am Rande befindlichen fünf Quecksilbernäpfchen betrifft, welche wie Spielkegel aussehen, so steckt ihr unterer hölzerner Theil im Klotz und wird durch seit-

liche Klemmschrauben in der richtigen Höhe erhalten; der mittlere etwas hellere Theil stellt das Schellack vor; das Messingnäpfchen selbst trägt an der Seite einen hervorragenden Stift.

In den Trägern der Condensatorplatten sind durch Klemmschrauben feine Drähte befestigt, die mittelst eines kleinen angelötheten Ringes an die Stifte der Quecksilbernäpfchen  $o$ ,  $o'$  gehängt werden. Das eintauchende Ende der Drähte ist amalgamirt.

Die beiden mittleren ebenfalls isolirten und mit Klemmschrauben versehenen Näpfchen haben unten Messingschrauben, welche in den Klotz eingeschroben sind. Mit diesen Näpfchen werden durch die Drähte  $q$ ,  $q'$  die Pole der constanten Kette (vergl. diese Ann. Bd. LXXXII. S. 10, c) verbunden.

Die Kupferhaken sind in geschlitzten Holzsäulchen beweglich. Werden sie in das Quecksilber getaucht, so ist das betreffende Näpfchen nach der Erde abgeleitet, denn das andere Ende des Hakens ist durch einen zwischengelötheten feinen Spiraldraht mit einem metallischen Kreuze in Verbindung, welches seinerseits durch die Fortsetzung  $r$  mit der Erde communicirt.

Der Draht  $p$  verbindet das Quecksilbernäpfchen  $p'$  mit dem Zuleitungsdrahte des Elektrometers, unter welchem das Dellmann'sche (d. Ann. Bd. LXXII. S. 353 u. Bd. LXXIV. S. 499) zu verstehen ist.

Der Gebrauch des Condensators ist nun sehr einfach. Sey z. B.  $s$  eine Zinkplatte,  $t$  eine Kupferplatte,  $q'$  der Draht, welcher zum Zinkpole der Daniell'schen Kette führt,  $q$  der zum Kupferpole führende, so erfordert die in dem zuerst citirten Aufsätze angegebene Methode zur Bestimmung der elektrischen Differenzen der Metalle die Messung dreier verschiedener Ladungen des Condensators, erstens wenn die Condensatorplatten unmittelbar mit einander verbunden werden, zweitens, wenn die Ladung durch Verbindung der Zinkplatte mit dem Zinkpole der Daniell'schen Kette und der Kupferplatte mit dem Kupferpole

geschieht, und drittens, wenn diese Verbindung umgekehrt gemacht wird.

Das erste erreicht man, wenn man die Näpfschen  $o$  und  $o'$  metallisch verbindet, das zweite, indem man diese Näpfschen mit den beiden mittleren durch eine kleine Vorrichtung  $v$ , und das dritte, wenn man sie durch die Vorrichtung  $w$  verbindet. Die Enden der Drähte in diesen aus zwei Drähten, Schellack und Holz bestehenden Vorrichtungen sind amalgamirt.

Man verfährt so, dafs man, während die Condensatorplatten noch weit von einander stehen, die Näpfschen  $z$ ,  $o'$  und  $p'$  isolirt, die Platten einander nahe bringt, die erwähnten Verbindungen auf einen Moment herstellt, die Platten wieder entfernt, das nicht zu prüfende Näpfschen  $o$  oder  $o'$  ableitet (um von der auf der anderen Platte befindlichen Elektricität nicht überflüssig viel zu binden) und durch eine dem  $v$  oder  $w$  ähnliche aber nur zweibeinige Vorrichtung das zu prüfende Näpfschen mit dem  $p'$  verbindet. Dann setze man auch sogleich die geprüfte Condensatorplatte mit der Erde in leitende Verbindung, damit die auf ihr und ihrem Träger aufgehäufte Elektricität nicht zu lange auf das den letztern isolirende Schellack einwirke. Endlich wird im Elektrometer abgelesen.

Der Vorsicht wegen habe ich zwischen dem Gebrauche die zwei- und vierbeinigen kleinen Verbindungs-Vorrichtungen mit den amalgamirten Füfsen in einen Quecksilberhorizont gestellt.

### 3. Vorzüge und Fehler dieses Condensators.

Außerdem, dafs dieser Condensator den Zweck erreichen läfst, frisch gereinigte Platten anzuwenden, besitzt er den Vorzug einer wirklich exemplarischen Bequemlichkeit und einer vollkommenen Sicherheit im Gebrauche, was wenigstens die Uebereinstimmung in den Messungen anbe trifft. Einige Procente beträgt bei solchen elektrischen Messungen der Beobachtungsfehler immer sehr leicht, namentlich wenn man zu schnell hinter einander misst, und

das fällt auch hier nicht weg; aber man hat nicht leicht zu fürchten, daß durch Fingerfehler die Messungen verunglücken.

Dagegen habe ich bemerkt, daß bei dem Anschrauben der Platten, wobei einiger Druck gegen das den messingenen Träger haltende Schellack nicht leicht zu vermeiden ist, auf geringe Zeit einige Einwirkung zu Gunsten einer der Elektrizitätsarten erfolgen kann, welche für die nächsten Messungen schädlich ist. Es wird auch nöthig nach längerem Gebrauche die Oberfläche dieses Schellacks zu säubern, wozu ich mich des Löthrohrs bedient habe, mittelst dessen, nach Abwischung des Staubes, aus hinreichender Entfernung diese Oberfläche ein wenig zum Schmelzen gebracht wurde.

Bei dieser Gelegenheit mag es gestattet seyn, eine Vermuthung auszusprechen, über den eigentlichen Grund, weshalb alle Condensatoren, welche zur Messung der Spannung so schwacher Elektrizitätsquellen dienen, sich je nach den Tagen bald ein wenig zu Gunsten der einen, bald zu Gunsten der anderen Elektrizitätsart aussprechen, ein Umstand, über den ich an mehreren Stellen mich bereits geäußert und den ich die Parteilichkeit des Condensators genannt habe.

Ein Grund derselben liegt bei gleichen oxydirbaren Platten offenbar in dem bei beiden Platten nicht gleichzeitig erfolgenden allmäligen Oxydiren derselben, wodurch (nach 4) die Oberflächen eine elektrische Differenz gegen die darunter befindliche Metallschicht bekommen. Einen anderen Grund möchte ich hier, jedoch nur vermuthungsweise, aussprechen.

Befestigt man an dem festen oder beweglichen Halter hinter einer der Condensatorplatten eine geriebene Schellackmasse, welche während der oben angegebenen Messungen immer an ihrem Platze bleibt, so findet man die Resultate der Messung in gewisser, aber immer noch unerwartet geringer Weise modificirt. Je nachdem das geriebene Lack hinter der positiven oder der negativen Platte

steht, ändern sich diese Einflüsse zu Gunsten der einen oder der anderen Elektrizitätsart, wie sie denn auch natürlich in der Größe variiren, wenn man das Lack mehr oder weniger stark elektrisirt hat. Die Erscheinung enthält nichts räthselhaftes, wenn man die einzelnen Vorgänge bedenkt, namentlich, daß weder die Daniell'sche Kette, noch der die Platten unmittelbar verbindende Draht isolirt sind. Isolirt man z. B. letzteren, so wird die Einwirkung des Lacks viel bedeutender.

Nun könnte ich mir wohl folgendes denken. Der Natur der Sache nach steht das Elektrometer vor einem Fenster und die Condensatoren befinden sich in dessen Nähe. Das Haus ist auf seiner äußeren Oberfläche je nach der Beschaffenheit des Himmels mehr oder weniger stark elektrisch, wenn nicht besondere Wolken einwirken, fast immer negativ. Diese Elektrizität sollte billig auf die im Innern des Hauses befindlichen Apparate nicht einwirken, jedoch würde sie dies gewiß thun müssen, wenn das Fenster offen wäre, diese Apparate also dadurch mit zur Oberfläche des Hauses gehörten. Wer kann aber behaupten, daß außen auf einem geschlossenen Fenster die Elektrizität gerade so wie auf dem übrigen Hause verbreitet sey, daß überhaupt das Glas gar keine Rolle spiele? Hier scheint eine Fehlerquelle gesucht werden zu können. Der häufig sich bemerklich machende Zusammenhang zwischen dem Wechsel des Wetters und den geringen Aenderungen der gemessenen elektrischen Werthe hat mich auf die ausgesprochene Vermuthung geführt, der ich jedoch, weil deshalb angestellte directe Versuche nicht entscheidend genug ausfielen, einen besonderen Werth durchaus nicht beilege.

#### 4. Berichtigungen früher von mir angegebener Zahlen für die elektrischen Differenzen.

A. Man weiß, daß das Eisen, wenn es nach vollkommener Reinigung seiner Oberfläche kurze Zeit der Luft ausgesetzt gewesen ist, gegen eine frisch gereinigte Oberfläche negativ erscheint. Wenn dieselbe Erscheinung bei

Condensatoren von anderem Metalle, z. B. von Zink oder auch von Kupfer, ebenfalls sich einstellt, so ist klar, daß die von solchen Condensatorplatten angegebenen elektrischen Differenzen ihrer Größe nach abhängig sind von der Zeit, welche zwischen dem Reinigen der Platten und den angestellten Messungen verflossen ist. Werden nun, wie das bei meiner früheren Einrichtung der Condensatorplatten der Fall war, die Platten stark erhitzt, um das zum Isoliren erforderliche, bei hoher Temperatur erst sich fester mit der Platte verbindende Lack aufzuschmelzen, so ist begreiflich, daß die Oxydation beschleunigt werden konnte, so daß die untersuchten Platten ziemlich von Anfang an eine constante Differenz zeigten, aber nicht die, welche ihnen im gereinigten Zustande zukommt.

Bei den neuen Condensatoren, deren ich immer zwei zugleich zur Controle benutzte, stellte sich nun sogleich heraus, daß eine oxydirte Zinkplatte negativ gegen eine frisch gescheuerte war, und daß dieselbe Eigenschaft dem Kupfer zukommt, daß aber der Proceß der Oberflächenveränderung beim Kupfer langsam, beim Zink rasch vor sich geht.

Ist eine Zinkplatte auf der Drehbank bloß trocken mit Smirgelpapier abgerieben und unmittelbar nachher die Ladung zwischen ihr und einer oxydirten Zinkplatte gemessen, so bemerkt man schon nach einigen Minuten eine geringe Abnahme dieser Ladung. Hat man aber erst mit Oel, dann trocken geschliffen und endlich fest mit einem leinenen Tuch abgerieben, so hält sich, weil wohl noch immer eine dünne Fettlage auf dem Metalle sitzt, der Zustand vielleicht bis zu einer halben Stunde unverändert und es erfolgt nun, scheinbar sprungweise, die Aenderung, nach einer Reihe von Tagen immer noch bemerkbar.

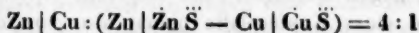
Sehr langsam im Vergleich zum Zink oxydirt sich das Kupfer, auch erreicht die oxydirte Kupferplatte gegen die reine nicht den Grad von Negativität, wie die oxydirte Zinkplatte gegen die reine. Die Differenz zwischen einer Zink- und einer Kupferplatte nimmt also von dem Mo-

mente, wo sie gescheuert waren, eine lange Zeit hindurch beständig ab.

B. Aus dem Gesagten ergibt sich, daß meine frühern Zahlen für die elektrischen Differenzen zwischen Zink und den edlen Metallen gegen die zwischen Zink und Kupfer gefundene zu klein müssen gewesen seyn. In der That fand ich jetzt, wenn die Differenz zwischen Zink und Kupfer gleich 100 gesetzt wird, im Mittel für Zink und Silber 109, für Zink und Gold 115, für Zink und Platin 123, doch wage ich nicht, diese Zahlen auf ein paar Einheiten zu garantiren.

Vergleicht man dieselben mit den früher gegebenen, so sieht man nicht nur die Veränderungen der früher gebrauchten Zinkplatte während der Reihe von Tagen, sondern es erklärt sich auch, wie ich Gold negativer finden konnte als Platin. Das Platin stand nämlich damals schon lange einer Zinkplatte gegenüber, denn es waren die Versuche des §. 4 des citirten Aufsatzes schon mit diesem Condensator angestellt. Das Gold wurde in den anderen Condensator gebracht und einer Zinktafel gegenüber gestellt, welche kürzlich erst gereinigt war. So konnte sich die Differenz beim Golde größer als beim Platin ergeben.

C. Der Einfluß, welchen die Flüssigkeiten auf die Constituirung der elektromotorischen Kraft der Daniell'schen Kette ausüben, ist geringer, als ich ihn früher (diese Ann. Bd. LXXIX. S. 185, a) angegeben habe. Er beträgt nach Untersuchungen mit ganz reinen Platten ungefähr  $\frac{1}{4}$  von der elektrischen Differenz zwischen Zink und Kupfer. Suchen wir den Grund, warum früher dieser Einfluß so viel höher erschien, in der Oxydation der Zinkplatte allein und bezeichnen die elektrische Differenz zwischen Zink und Zinkoxyd mit  $Zn | \ddot{Zn}$ , so läßt sich diese letzte Größe berechnen. Wir haben dann nach der neueren Messung



während die an der citirten Stelle befindliche Gleichung geschrieben werden muß:

$$(\text{Zn}|\text{Cu}-\text{Zn}|\dot{\text{Zn}}):(\text{Zn}|\dot{\text{Zn}}\ddot{\text{S}}-\text{Cu}|\dot{\text{Cu}}\ddot{\text{S}}+\text{Zn}|\dot{\text{Zn}})=4,17:4,51.$$

Daraus berechnet sich  $\text{Zn}|\dot{\text{Zn}}=0,399\text{Zn}|\text{Cu}$ , was mir darum nicht unmöglich erscheint, weil ich bei Zinkplatten, welche nicht erhitzt, sondern nur etwa zwei Tage der Luft ausgesetzt waren, gewifs also noch nicht über und über sich oxydirt hatten, schon etwa die Hälfte von dieser Zahl gefunden habe. Es handelt sich hier aber um Oberflächenveränderungen, deren Natur schwer festzustellen ist, auch müßte, wenn diese Zahl für  $\text{Zn}|\dot{\text{Zn}}$  einigen Werth bekommen sollte, noch die Beschaffenheit der Kupferplatte festgestellt seyn, was nicht mehr auszuführen ist. Es sollte dieß nur zur Erläuterung dienen, woher die großen Unterschiede in der Bestimmung des Einflusses der Flüssigkeiten rühren.

Berechnet man nun nach dem jetzigen Ergebnisse und der Methode des §. 2 der citirten Abhandlung die Differenzen zwischen Zink und Zinkvitriol, sowie zwischen Kupfer und Kupfervitriol, so ergiebt sich, wenn man, wie dort S. 189 geschehen ist,  $\text{Zn}|\text{Cu}=4,17$  setzt,  $\text{Zn}|\dot{\text{Zn}}\ddot{\text{S}}=3,106$  und  $\text{Cu}|\dot{\text{Cu}}\ddot{\text{S}}=2,071$ .

D. Darnach erfahren die im §. 3 der genannten Abhandlung gemachten Bemerkungen einige Modificationen, und ebenso die Zahlen für die Bildung der elektromotorischen Kraft der Grove'schen Kette (diese Ann. Bd. LXXXII. S. 407), ohne dafs jedoch meine Erklärung dieser dadurch beeinträchtigt würde. Meine übrigen, mit dem Condensator angestellten Messungen werden durch die neueren nicht afficirt.

##### 5. Bemerkung über das Schwefel-Kalium als Elektromotor.

Bekanntlich hat Faraday Versuche mit einer aus Eisen, Platin und Schwefel-Kalium construirten Kette gemacht, aus denen er den Schluß zieht, dafs zu der elektromotorischen

Kraft einer Hydrokette die Berührung der Metalle nichts beitrage. Es interessiren daher wohl folgende Versuche.

In ein Glas mit Schwefelkalium wurde mit Hülfe der Wippe (diese Ann. LXXV, p. 221, §. 2) eine Eisenplatte und eine Platinplatte getaucht. War in diese Kette ein Galvanometer eingeschaltet, so wurde, grade wie Faraday es beschreibt, die Nadel im Momente des Eintauchens abgelenkt, kam bald wieder fast genau auf ihren vorigen Stand, zeigte mir aber fortwährend ein Minimum von einem Strome an.

In den Condensator war eine Eisenplatte und eine Platinplatte gesetzt. Nun war es vollkommen (d. h. innerhalb der Schwankungen von einem Procent), gleichgültig, ob man die beiden Condensatorplatten unmittelbar metallisch mit einander verband, oder ob man sie, während der winzige Strom durch die Wippe momentan unterbrochen wurde, mit der Eisen-Platin-Kette lud, und zwar war es auch hier gleichgültig, ob man die Eisenplatte des Condensators mit dem Eisen der Kette und das Platin des Condensators mit dem Platin der Kette verknüpfte, oder ob die Verbindung umgekehrt gemacht wurde. Die Kette wirkte nicht anders als wie ein in die Spannungsreihe gehöriger Körper, wie ein Draht. Die Eisenplatte des Condensators wurde in allen Fällen gleich stark positiv, die Platinplatte negativ. Dagegen wurden Condensatorplatten aus homogenem Metalle gar nicht geladen.

Man braucht aber nicht zu glauben, daß die Erklärung dieser Erscheinungen erfordere, daß die Oberflächen der Condensatorplatten nun wirklich reines Eisen und Platin gewesen seyen. Wir würden dasselbe erhalten haben, wenn der Condensator aus Zink und Kupfer bestanden hätte.

Im Ganzen folgt nämlich nur, daß hier der Einfluß  $F$  der Flüssigkeiten auf die eingetauchten Metalle nicht Null war, sondern eben die elektrische Differenz von reinem Platin und Eisen angab. Betrachtet man dann z. B. die Ladung einer Zinkplatte am Condensator von der Kupferplatte aus, während Kupfer mit Eisen und Zink mit Pla-

tin verbunden sind, so ergibt sich die algebraische Summe der elektrischen Differenzen

$$+ \text{Cu} | \text{Fe} - \text{F} + \text{Pt} | \text{Zn}$$

und setzt man  $\text{Pt} | \text{Fe}$  statt  $\text{F}$ , so geht dies über in

$$+ \text{Cu} | \text{Fe} - \text{Pt} | \text{Fe} + \text{Pt} | \text{Zn} \\ = + \text{Cu} | \text{Fe} - \text{Pt} | \text{Fe} + \text{Pt} | \text{Fe} + \text{Fe} | \text{Zn} = + \text{Cu} | \text{Zn}.$$

verbände man aber umgekehrt, so entstände

$$- \text{Cu} | \text{Pt} + \text{F} + \text{Fe} | \text{Zn}$$

oder statt dessen

$$- \text{Cu} | \text{Pt} + \text{Pt} | \text{Fe} + \text{Fe} | \text{Zn} = - \text{Cu} | \text{Pt} + \text{Pt} | \text{Zn} = + \text{Cu} | \text{Zn}.$$

Würde man in das Schwefel-Kalium andere Metalle eingetaucht haben, so wäre es recht gut gedenkbar, daß diese Metalle, wenn sie nicht chemisch sich mit dem Schwefel-Kalium verbinden, durch den anfänglich entstehenden Strom der geschlossenen Kette eine Polarisation erfahren, welche das  $\text{F}$  so groß macht, daß es gerade wieder der elektrischen Differenz dieser Metalle gleich ist. Untersuchenswerth mag aber dieser Punkt immer noch seyn.

Marburg im Febr. 1853.

### XIII. *Ein einfacher Apparat zur Veranschaulichung des Foucault'schen Beweises für die Umdrehung der Erde; von Dr. Erler.*

**H**err Silvestre hat der Pariser Academie im vorigen Jahre einen Apparat vorgelegt, welcher eine vollkommen genaue Anschauung von der scheinbaren Bewegung der Schwingungsebene des Pendels während der Rotation der Erde für jeden Horizont gewährt. Nachdem ich nur eine ganz flüchtige Kenntniß von dem Berichte über denselben hatte nehmen können, habe ich einen ähnlichen anfertigen

lassen, welcher, wie ich gegenwärtig aus den *compt. rend.* t. 23 p. 40 ersehe, mit jenem wahrscheinlich vollkommen übereinstimmt. Da derselbe aber nicht so bekannt zu seyn scheint, als er es bei der Wichtigkeit des Gegenstandes und dem Wunsche, die Erscheinung durch einen einfachen Apparat allgemein zu veranschaulichen, verdient, so erlaube ich mir, ihn hier so zu beschreiben, wie er in meinen Händen ist.

$xx$  (Taf. IV, Fig. 5) ist ein Meridiankreis, in der Messinghülse  $p$  befestigt, welche sich mit ihm um die feste verticale Axe  $q$  mittelst der Schraube ohne Ende  $r$  drehen läßt; Marken auf  $p$  und  $q$  geben eine Drehung um  $90^\circ$  an. Der Quadrant  $ef$  ist durchbrochen und mit einer Gradeintheilung versehen, die die geographische Breite bezeichnet. In dieser Durchbrechung lassen sich zwei streng passende Stifte verschieben, die mit dem Stahlstabe  $om$  verbunden sind und in jeder Lage festgeschraubt werden können.  $om$  bildet die Axe der festen Scheibe  $dd$ , welche mit Gradeintheilung versehen ist, und der darunter befindlichen, leicht drehbaren Scheibe  $cc$ , an welcher ein Zeiger  $n$  befestigt ist, der über  $dd$  hinübergreift. Der Mittelpunkt von  $cc$  muß genau der Mittelpunkt von  $xx$  seyn. Ferner läßt sich in der Axe  $q$  der Fuß eines genau ebenen und zum Fuß senkrechten Tellers  $aa$  verschieben und in einer bestimmten Stellung festschrauben. Ist der Stab  $om$  für eine gewisse Breite befestigt, so wird der Teller der Scheibe  $cc$  bis zur vollständigen Berührung genähert und festgeschraubt. Dreht man dann mittelst  $r$  den Kreis  $xx$  und dadurch auch  $om$ ,  $dd$  und  $cc$  von  $O$  nach  $W$ , so wird die Scheibe durch Reibung an dem Teller  $aa$  zurückgehalten, sich um die Axe  $om$  von  $W$  nach  $O$  drehen und der Zeiger  $n$  auf der festen Scheibe  $dd$  die Größe der Drehung anzeigen. — Es ist sichtbar, daß  $xx$  einen Meridian der Erde,  $f$  den Pol derselben,  $om$  die Richtung des ruhenden Pendels für den Ort  $e$ ,  $dd$  den wahren Horizont des Orts bezeichnet, und daß die durch  $r$  hervorgebrachte Drehung der Rotation der Erde entspricht. Stellt dann  $omn$  die

Lage der Schwingungsebene des Pendels dar, so giebt die Bewegung des Zeigers *n* auf der Scheibe *dd* genau die scheinbare Drehung jener Ebene an. Wie nämlich die Schwingungsebene des Pendels durch das Beharrungsvermögen in ihrer Lage zurückgehalten wird, so geschieht dasselbe hier durch die Reibung; die Wirkung, wenn gleich durch verschiedene Kräfte hervorgebracht, ist dieselbe und daher auch die daraus hervorgehende Bewegung. Uebrigens verhält sich die Drehungsgeschwindigkeit von *xx* zu der von *cc*, wie  $mb:ab = 1:\sin bam$ ; *bam* aber ist = *ome*, der geographischen Breite. — So stellt der Apparat die tägliche Umdrehung der Erde, die konische Bewegung des ruhenden Pendels für jede Breite, und die scheinbare, dem Sinus der Breite proportionale Drehung der Schwingungsebene um die Verticale des Horizontes dar. — Um den Apparat auch für den Pol brauchbar zu machen, befindet sich unterhalb der Scheibe *cc* ein Stift, der in eine Oeffnung des Tellers paßt und, wenn der Apparat für den Pol eingestellt ist, die Drehung der Scheibe *cc* hindert. — Der Apparat ist höchst sauber von Hrn. W. Langhoff hierselbst ausgeführt worden; die Grösse der Durchmesser von *xx*, *cc*, *dd* und *aa* beträgt 12, 5, 6,  $6\frac{1}{2}$  Centimeter.

Berlin, Febr. 1853.

#### XIV. *Elementarer Beweis von der Drehungsgeschwindigkeit der Schwingungsebene eines Pendels unter verschiedenen Breiten; von Hrn. Crahay,*

Mitglied d. Acad. d. Wiss. zu Brüssel.

(*Bull. de l'acad. etc. de Bruxelles*, 1852, T. XIX. pt. I. p. 537.)

Die gegenwärtige Notiz, hat blofs den Zweck, die Beziehung, welche zwischen der Drehungsgeschwindigkeit der Oscillationsebene und der Breite des Beobachtungsortes stattfindet, mit Hülfe der Elementar-Mathematik nachzu-

weisen. Ich betrachte das Phänomen in seiner größten Einfachheit, ohne mich mit den Ursachen zu beschäftigen, welche die Drehung der Ebene, deren Winkelgeschwindigkeit um die Lothrechte ich als constant annehme, periodisch abändern können. In der Arbeit meines geehrten Collegen, des Hrn. Schaar, ist die Aufgabe von allen Seiten gründlich behandelt worden <sup>1)</sup>.

Es sey  $PEPF$  (Fig. 6 Taf. IV) ein Durchschnitt der als Kugel angenommenen Erde durch eine Meridian-Ebene,  $O$  sein Mittelpunkt,  $PP$  die Drehungsaxe, und  $L$  ein Ort unter der Parallele  $ELF$  in der nördlichen Halbkugel. Die Gerade  $OLI$  repräsentirt für einen gegebenen Zeitpunkt die Lage der Verticale des Orts, dessen Meridiankreis  $PLP$  ist, während die Gerade  $LM$ , die in  $L$  winkelrecht zur Verticale ist, in der Meridian-Ebene liegt, die Mittagslinie des Ortes vorstellt, und die Verlängerung der Axe in  $M$  schneidet.

Im Laufe eines Sterntages beschreiben, vermöge der Rotation der Erde, die Lothrechte  $Ol$  und die Mittagslinie  $ML$ , um die Axe  $PP$ , gerade Kegelflächen, die den Kreis  $EF$  zur gemeinschaftlichen Grundfläche haben und deren Scheitel respective in  $O$  und  $M$  liegen. Nach einer gewissen Zeit, die wir als sehr kurz voraussetzen, wird der Ort  $L$  den Bogen  $LL'$  des Parallelkreises durchlaufen haben, so daß sich die Lothrechte des Ortes in  $OL'I$ , der Meridian desselben in  $PL'P$  und die Mittagslinie in  $L'M$  befindet.

Angenommen, beim Abgang von  $L$  habe sich die Schwingungsebene in der Meridian-Ebene befunden d. h. in derjenigen Ebene, die durch die Lothrechte  $Ol$  und die Mittagslinie  $LM$  geht. Diese Schwingungsebene würde sich selbst immer genau parallel bleiben, trotz sie durch die Axendrehung der Erde im Raume fortgeführt wird, wenn nicht die Schwerkraft sie beständig nöthigte durch den

1) Dasselbe ist auch von anderen Mathematikern geschehen. Eine dieser vollständigen Lösungen des Problems werden wir noch nächstens mittheilen. P.

Mittelpunkt der Erde zu gehen. Allein dieß ist auch die einzige Veränderung, welche ihre Lage in Folge der Axendrehung erleidet, so dafs, wenn der Ort  $L$  in  $L'$  angelangt ist, die Schwingungsebene durch die Lothrechte  $Ol'$  und durch eine der Mittagsline  $LM$  parallele Gerade  $L'M'$  bestimmt seyn wird. Mithin bildet, bei Ankunft in  $L'$ , die Schwingungsebene  $M'L'I'$  mit der Ebene  $ML'I$  des Meridians des Orts einen Horizontalwinkel  $ML'M'$ , welcher, wegen vorausgesetzter Kleinheit des Bogens  $LL'$ , als gleich betrachtet werden kann dem Winkel  $LML'$  zwischen den Mittagslinien der beiden Orte  $L$  und  $L'$ . Dieß ist der Drehungswinkel, den man scheinbar an der Schwingungsebene beobachtet, der aber in Wahrheit dem Meridian  $LM$  zu kommt, welcher durch die Rotation der Erde seine Lage im Raume geändert hat.

Um diesen Winkel zu bestimmen, ziehe man die Geraden  $LN$ ,  $L'N$  nach dem Mittelpunkt  $N$  des Parallelkreises, die  $LO$ ,  $L'O$  nach dem Mittelpunkt  $O$  der Erde, und endlich, durch die Mitte  $R$  der Sehne  $LL'$ , die Geraden  $RN$  und  $RM$ , welche auf dieser Sehne winkelrecht sind und die gegenüber liegenden Winkel bei  $N$  und  $M$  in zwei gleiche Theile theilen.

Man bezeichne nun mit  $r$  den Erdradius, mit  $h$  den Stundenwinkel  $LNL'$ , mit  $H$  den Drehungswinkel  $LML'$  der Schwingungsebene und mit  $\lambda$  die Breite des Ortes.

Das in  $N$  rechtwinkliche Dreieck  $NLO$ , an welchem der Winkel  $NOL$  das Complement der Breite ist, giebt

$$NL = r \cos \lambda.$$

Aus dem in  $R$  rechtwinklichen Dreiecke  $LNR$  ergiebt sich:

$$LR = NL \sin \frac{1}{2} LNL' = r \cdot \cos \lambda \cdot \sin \frac{1}{2} h.$$

Das in  $L$  rechtwinkliche Dreieck  $MLO$  liefert

$$ML = r \cdot \cot. \lambda.$$

Endlich führt das in  $R$  rechtwinkliche Dreieck  $LMR$  zu der Relation

$$\sin \frac{1}{2} LML' = \frac{LR}{LM}$$

oder

$$\sin \frac{1}{2} H = \frac{\cos \lambda \sin \frac{1}{2} h}{\cot \lambda} = \sin \frac{1}{2} h \cdot \sin \lambda.$$

Da nun der Meridian  $LM$ , bei dem Uebergange von  $L$  nach  $L'$ , ein Stück des Kegelmantels beschreibt, so muß, damit der ebene Winkel  $LML'$  den von jener Generatrix wirklich durchlaufenen Winkelraum ohne merklichen Fehler vorstelle, sowohl dieser Winkel als der Winkel  $LNL'$  sehr klein seyn, so klein, daß die sie messenden Bogen statt ihrer Sinus genommen werden können. Diefs führt, nach Fortlassung des gemeinschaftlichen Faktors  $\frac{1}{2}$ , zu dem Ausdruck

$$H = h \cdot \sin \lambda.$$

Wenn mithin der Punkt  $L$  der Erde einen Bogen  $h$  durchläuft, scheint die Schwingungsebene sich, im Sinne der scheinbaren Bewegung des Himmels, um die Lothrechte durch einen Winkel  $H$  zu drehen, dessen Werth  $h \sin \lambda$  ist.

Wir haben angenommen, daß, beim Ausgang, die Schwingungsebene mit der Meridianebene zusammenfalle; allein man überzeugt sich leicht, daß wenn sie auch anfangs irgend einen Azimutalwinkel mit der letztern bildet, dennoch die Abweichung von dieser Lage, nach Durchlaufung des Bogens  $h$ , denselben Werth  $H$  hat. Daraus folgt, daß in jedem Augenblicke dieselbe Relation zwischen den Bogen  $H$  und  $h$  existirt, und da die Axendrehung gleichförmig ist, so ist es auch die der Schwingungsebene.

Da die Erde eine vollständige Drehung in 24 Stunden Sternzeit oder  $23^h 56' 4''.09$  mittlerer Sonnenzeit ausführt, so folgt, daß in einer Sekunde mittlerer Zeit ein Bogen von  $15''.041$  beschrieben wird. Das ist denn auch auf den Polen die Winkelbewegung der Schwingungsebene, während dieselbe unter unserer Breite, gesetzt diese sey  $51^\circ$ , nur  $0,77715$  jenes Werthes beträgt. Diese Zahl ist der natürliche Sinus der Breite, folglich ist hier die Bewegung der Ebene nur  $11''.689$ . Und um eine volle Drehung zu machen, bedarf sie  $30^h 47' 52''$  mittlerer Zeit, während unter den

den Polen dazu nur ein Sterntag nöthig ist. Damit die Ebene unter unseren Breiten einen Winkel von  $n$  Sekunden beschreibe, sind  $\frac{n}{11,689}$  Sekunden mittlerer Zeit erforderlich.

In der südlichen Erdhälfte geschieht die Drehung der Schwingungsebene in umgekehrtem Sinne wie auf der nördlichen; d. h. sie folgt auch hier der scheinbaren Bewegung des Himmels.

Die mit der Formel  $H = h \sin \lambda$  übereinstimmende graphische Construction zeigt, daß, in dem Maafse als der Ort  $L$  dem Aequator näher liegt, also die beiden Meridiane  $LM$  und  $L'M$  sich dem Parallelismus nähern, der Winkel  $H$  abnimmt, bis er unter dem Aequator Null wird, daß er dagegen bei Verminderung des Abstandes von einem der Pole zunimmt, bis er unter dem Pole selbst dem Stundenwinkel  $h$  gleich ist.

Die Construction zeigt auch, wie die Winkelbewegung  $LNL'$  um die Axe  $PP'$  auf eine andere, gegen dieselbe geneigte Axe  $OLI$  bezogen werden kann, mit Hülfe zweier rotativen Componenten, einer um die neue Axe  $OI$ , und einer anderen um die Gerade  $LM$ , die Mittagslinie des Punktes  $L$ . Die erste dieser Componenten ist der Winkel  $MLM'$  oder  $H$  dessen Werth  $= h \sin \lambda$ ; die andere ist der Winkel  $LOL'$ , um welchen die Schwerkraft die Schwingungsebene dreht, um sie beständig gegen den Mittelpunkt der Erde zu richten. Der Werth dieses letzteren Winkels, den wir mit  $C$  bezeichnen wollen, ergibt sich aus dem in  $R$  rechtwinklichen Dreieck  $LOR$ , welches giebt:

$$\sin \frac{1}{2} C = \frac{LR}{LO} = \sin \frac{1}{2} h \cdot \cos \lambda.$$

Substituirt man statt des Sinus die Bogen und läßt den gemeinschaftlichen Factor  $\frac{1}{2}$  fort, so erhält man:

$$C = h \cdot \cos \lambda.$$

## XV. Ueber den Einfluss des Wassers bei chemischen Zersetzungen; von Heinrich Rose.

(Fortsetzung.)

### 11. Ueber die Verbindungen der Borsäure und des Wassers mit dem Silberoxyd.

Das Verhalten der Borsäure gegen das Silberoxyd, dessen schon in der Einleitung gedacht, und das die eigentliche Veranlassung zu dieser großen und umfassenden Arbeit über den Einfluss des Wassers bei chemischen Zersetzungen gewesen ist, mußte schon aus dieser Ursach und weil es in der That merkwürdig ist, durch vielseitigere Versuche erforscht werden.

#### 1) Fällungen mittelst des neutralen Borax.

I. Lösungen gleicher Atömgewichte von salpetersaurem Silberoxyd und von neutralem Borax in 12 Theilen kalten Wassers mit einander vermischt, gaben einen Niederschlag von schmutzig gelber Farbe und von käsiger Beschaffenheit. Er setzte sich gut ab. Die filtrirte Flüssigkeit gab mit Chlorwasserstoffsäure eine starke Fällung. Wird zu dem Ganzen, ohne die Flüssigkeit vom Niederschlage zu trennen, viel Wasser hinzugefügt, so löst sich dieser mit Hinterlassung von etwas braunem Silberoxyd auf.

Ein Theil des Niederschlags wurde nach dem Filtriren, ohne ausgewaschen zu werden, sogleich gepresst. Bei 100° getrocknet wurde er bedeutend dunkler von Farbe. Durchs Erhitzen schmolz er zu einer zähflüssigen goldfarbig aussehenden Masse.

Bei den Untersuchungen der Verbindungen des Silberoxyds mit der Borsäure, welche im Folgenden beschrieben werden, und die von Hrn. Weber angestellt worden sind, konnten überhaupt die, welche nicht zu wenig Borsäure enthielten, zur Bestimmung des Wassers geglüht werden. Sie schmelzen dann gewöhnlich zu einer blasi-

gen roth aussehenden Masse, die beim ferneren Glühen weder an Gewicht sich vermindert, noch hinsichtlich des äußern Ansehens sich verändert. Mit Salpetersäure behandelt, löst sie sich ohne Gasentwicklung auf. (Wurde die Verbindung in einem Reagensglase geglüht, so setzte sich an die kalten Stellen des Glases reines Wasser ab.) Aus der salpetersauren Auflösung wurde das Silberoxyd als Chlorsilber abgeschieden, die davon getrennte Flüssigkeit abgedampft, und der Rückstand mit Fluorwasserstoffsäure und Schwefelsäure behandelt, um die Menge des Natrons zu finden.

Enthielten die Verbindungen Kohlensäure, so wurde zur Bestimmung derselben ein Theil in Salpetersäure gelöst, und dann gewöhnlich in dieser salpetersauren Lösung das Silberoxyd als Chlorsilber bestimmt.

Die Zusammensetzung der bei 100° getrockneten nicht ausgewaschenen sondern ausgepressten Verbindung, welche durchs Trocknen Kohlensäure angezogen hatte, war:

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Silberoxyd	72,82	5,02	11	73,63
Borsäure	19,24	13,23	10	20,14
Kohlensäure	0,69	0,50		
Wasser	6,21	5,52	12	6,23
Natron	1,04	0,27		100,00.
	<u>100,00.</u>			

Die Zusammensetzung ist merkwürdiger Weise beinahe die einer neutralen, und zwar wasserhaltigen Verbindung,  $\text{Ag B} + \text{H}$ , jedoch ist auf 10 Atome derselben noch 1 Atom überschüssiges Silberoxyd, wodurch der Niederschlag wohl seine gelbliche Farbe erhalten hatte. Er ist daher von fast derselben Zusammensetzung wie das borsaure Silberoxyd, welches ich vermittelst des salpetersauren Silberoxyds in einer concentrirten Auflösung des gewöhnlichen Borax erhalten, und vor sehr langer Zeit untersucht hatte<sup>1)</sup>.

Der andere Theil des Niederschlags wurde mit kaltem

1) Pogg. Ann. Bd. 19, S. 153.

Wasser ausgewaschen. Ungeachtet des außerordentlich langen Auswaschens konnte es doch nicht so weit fortgesetzt werden, daß das Waschwasser sich durch hinzugefügte Chlorwasserstoffsäure nicht mehr trübte. Durch das bloße Auswaschen wurde dem borsäuren Silberoxyd fast alle Borsäure entzogen. Die Trübung des Waschwassers vermittelt Chlorwasserstoffsäure rührte zum Theil von der Auflöslichkeit des Silberoxyds in Wasser her, theils auch davon, daß mit einer gewissen Hartnäckigkeit noch etwas Borsäure zurückblieb, und sich als borsaures Silberoxyd löste, das im kalten Wasser und in freier Borsäure auflöslich seyn kann.

Der ausgewaschene Niederschlag, der beim Trocknen Kohlensäure angezogen hatte, sah nach dem Schmelzen weiß und fast wie reines metallisches Silber aus. Wegen der geringen Menge der erhaltenen Verbindung konnte keine unmittelbare Bestimmung der Kohlensäure ausgeführt werden; die Menge derselben und die des Wassers mußten also gemeinschaftlich gefunden werden. Die Zusammensetzung der bei 100° getrockneten Verbindung war folgende:

		Sauerstoff.
Silberoxyd	90,00	6,21
Borsäure	4,25	2,92
Wasser und Kohlenäure	5,75	
	100,00.	

Die wasserfreie Verbindung besteht also aus:

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Silberoxyd	95,49	6,59	6	95,22
Borsäure	4,51	3,10	1	4,78
	100,00.			100,00.

Die Zusammensetzung entspricht also der Formel  $6\text{Ag} + \text{B}$ . Man sieht also, daß durch bloßes Aussüßen vermittelt kalten Wassers die größte Menge der Borsäure ausgewaschen werden kann, und nur ein geringer Theil davon zurückbleibt. Die Borsäure wird aber als ein gleichsam

sehr saures borsaures Silberoxyd ausgewaschen, so daß die Menge der ungelöst bleibenden Verbindung nur gering ist.

II. Die Lösungen der beiden Salze wurden wie bei dem Versuch I mit einander vermischt, aber kochend. Es entstand dadurch sogleich ein brauner Niederschlag, dessen Farbe noch dunkler wurde, als das Ganze noch einige Zeit hindurch gekocht wurde. Der Niederschlag wurde nach dem Filtriren mit heißem Wasser ausgewaschen; es war aber wie beim vorigen Versuch nicht möglich, das Auswaschen so lange fortzusetzen, daß das Waschwasser nicht mehr durch Chlorwasserstoffsäure getrübt wurde.

Der Niederschlag einhielt eine nicht unbedeutende Menge von Kohlensäure. Er hatte bei 100° getrocknet folgende Zusammensetzung

		Sauerstoff.
Silberoxyd	94,04	6,50
Kohlensäure	3,25	2,36
Wasser und Borsäure	2,71	
	<u>100,00.</u>	

Der Gewichtsverlust durchs Glühen betrug 10,66 Proc. Addirt man den Sauerstoff des gefundenen Silberoxyds zur gefundenen Kohlensäure, so erhält man 9,75 Proc. Die Differenz 0,91 würde der Menge des im Niederschlage enthaltenen Wassers entsprechen, und die Menge der Borsäure bestand daher aus 1,80 Proc. Sie ist aber in der Wirklichkeit noch um etwas geringer, indem beim Glühen die geringe Menge des mit der Borsäure verbundenen Silberoxyds den Sauerstoff nicht verloren hat. Dieser Fehler ist indessen sehr gering. In jedem Fall ist der Borsäure-Gehalt der Verbindung außerordentlich klein, und weit geringer als in der durch kaltes Wasser ausgewaschenen, so daß man annehmen kann, daß durch heißes Wasser der Verbindung endlich alle Borsäure entzogen wird, wenn das Auswaschen mit heißem Wasser noch länger hätte fortgesetzt werden können.

## 2) Fällungen vermittelt des gewöhnlichen Borax.

I. Die Lösungen gleicher Atomgewichte von salpetersaurem Silberoxyd und gewöhnlichem Borax in 12 Theilen kalten Wassers mit einander vermischt, erzeugten einen weißen Niederschlag, der sich schwer senkte. Die filtrirte Flüssigkeit enthielt viel borsaures Silberoxyd aufgelöst; sie gab daher vermittelt Chlorwasserstoffsäure eine starke Fällung, und mit salpetersaurem Silberoxyd, aber nicht mit Boraxlösung, eine Trübung. — Wird das Ganze, ohne die Flüssigkeit, welche freie Borsäure enthält, von dem Niederschlage zu trennen, mit vielem Wasser behandelt, so löst sich, wie dies schon früher erwähnt wurde, dasselbe vollständig auf.

Der Niederschlag wurde nach dem Filtriren, ohne ausgewaschen zu werden, zwischen Fliesspapier gepresst. Nach dem Trocknen schmolz er durchs Erhitzen leicht zu einer rothen Masse, die sich ohne Gasentwicklung in Salpetersäure auflöste. — Die Zusammensetzung des bei 100° getrockneten Niederschlags war folgende

		Sauerstoff	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Silberoxyd	65,47	4,55	2	65,40
Borsäure	28,43	19,55	3	29,52
Wasser	4,93	4,38	2	5,08
Natron	1,17	0,30		100,00.
	100,00.			

Die Zusammensetzung des geschmolzenen Salzes ist daher

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Silberoxyd	68,86	4,75	2	68,90
Borsäure	29,91	20,57	3	31,10
Natron	1,23	0,31		100,00.
	100,00.			

Die Zusammensetzung  $2\text{Äg} + 3\text{B}$  ist aber deshalb nicht ganz richtig, weil ein Theil der Borsäure mit dem Natron verbunden als Borax in dem Salze angenommen werden

mufs. Die Zusammensetzung  $3\text{Äg} + 4\text{B}$  nähert sich der Wahrheit mehr.

II. Die kalten Lösungen beider Salze in 12 Theilen Wassers wurden wie bei dem Versuche I mit einander vermischt; der entstandene weifse Niederschlag aber mit kaltem Wasser ausgewaschen. Dadurch entstand eine sichtliche Zersetzung der Verbindung; sie bräunte sich auf der Oberfläche stark, während sie noch im Innern weifs blieb. Das Auswaschen wurde so lange fortgesetzt, bis das Waschwasser keine Reaction auf Salpetersäure mehr gab. Die Zusammensetzung der bei  $100^\circ$  getrockneten Verbindung war

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Silberoxyd	67,39	4,65	4	67,88
Borsäure	25,44	17,50	5	25,53
Wasser	6,01	5,34	5	6,59
Natron	1,16	0,30		100,00.
	100,00.			

Die geglähte Verbindung besteht daher aus:

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Silberoxyd	71,70	4,94	4	72,67
Borsäure	27,07	18,62	5	27,33
Natron	1,23	0,31		100,00.
	100,00.			

Es scheint auffallend zu seyn, dafs durch das Auswaschen mit kaltem Wasser dem Niederschlag das Natron, oder vielmehr der Borax nicht entzogen werden konnte; es hat das aber in der gleichzeitigen Auflösung des borsäuren Silberoxyds seinen Grund. Die Zusammensetzung  $4\text{Äg} + 5\text{B}$  ist daher nicht ganz richtig. Das Waschwasser hat auf das borsäure Silberoxyd weniger gewirkt, als man es bei der geringen Verwandtschaft des Silberoxyds zur Borsäure vermuthen sollte.

Aber diesen Erfolg konnte man eigentlich aus dem Verhalten des borsäuren Silberoxyds gegen Wasser, wie

ich dasselbe schon vor sehr langer Zeit aus einander gesetzt habe vorhersehen. Hat sich nämlich weisses borsaureres Silberoxyd, in concentrirten, aber kalten Auflösungen von Borax und von salpetersaurem Silberoxyd gebildet, so kann es durch mehr hinzugefügtes kaltes Wasser wieder vollständig zu einer klaren Auflösung gelöst werden, wenn vorher der Niederschlag nicht von der Flüssigkeit, welche freie Borsäure enthält, abfiltrirt worden ist. Wendet man aber eine sehr verdünnte Boraxlösung an, und setzt zu ihr eine Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd, die aber nicht zu verdünnt seyn darf, so scheidet sich reines Silberoxyd aus, das keine Borsäure enthält. Diesen sonderbaren Erfolg, der darauf beruht, dafs wenn im letztern Falle das Silberoxydsalz mit einer verdünnten Boraxlösung zusammentrifft, letztere wie eine Auflösung von Natronhydrat wirkt, zeigt, dafs wenn Borsäure sich mit Wasser verbunden hat, sie sich nicht mit Silberoxyd verbindet, das überhaupt nur eine geringe Verwandtschaft zum Wasser zu haben scheint, wie dies aus früheren Versuchen hervorgeht<sup>1)</sup>. Mischt man dagegen eine sehr verdünnte Boraxlösung mit einer sehr verdünnten Lösung von salpetersaurem Silberoxyd zusammen, so entsteht kein Niederschlag, die Flüssigkeit bleibt klar, und es erfolgt keine Ausscheidung von Silberoxyd. Durch die gröfsere Menge von Wasser ist in der Lösung des Silberoxydsalzes die Verwandtschaft der Salpetersäure zum Silberoxyd gewissermafsen schon geschwächt, und das Natronhydrat verbindet sich mit Salpetersäure, während zu gleicher Zeit die Borsäure sich mit dem Silberoxyd zu einem sauren Salze vereinigen kann, zumal da soviel Wasser zugegen ist, dafs dadurch schon ein Theil des Silberoxyds gelöst wird. Wenn das in concentrirten Auflösungen erzeugte weisse borsaure Silberoxyd in vielem Wasser ohne Zersetzung gelöst werden soll, so darf die über dem Niederschlag stehende Flüssigkeit, die freie Borsäure enthält, nicht von demselben getrennt werden, da das borsaurere

1) Pogg. Ann. Bd. 85, S. 317.

Silberoxyd nur bei Gegenwart von freier Borsäure im Wasser löslich ist.

III. Lösungen gleicher Atomgewichte von Borax und von salpetersaurem Silberoxyd in 12 Theilen Wassers wurden kochend mit einander vermischt. Die ersten Tropfen der heißen Boraxlösung brachten in der heißen Silberoxydlösung einen weissen Niederschlag hervor, der aber gleich darauf schwarzbraun wurde. Als die ganze Menge der Boraxauflösung hinzugesetzt worden war, war die Fällung weifs; sie wurde aber bald schmutzig grau, welche Farbe sie längere Zeit beibehielt. Das Ganze wurde nicht zum Kochen erhitzt, sondern der hellgraue Niederschlag sogleich nach dem Filtriren ohne ausgewaschen zu werden, zwischen Fließpapier geprefst. Die filtrirte Flüssigkeit enthielt viel borsaures Silberoxyd aufgelöst.

Der bei 100° getrocknete Niederschlag hatte folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Silberoxyd	71,64	4,94	1	72,54
Borsäure	22,26	15,31	1	21,83
Wasser	5,10	4,53	1	5,63
Natron	1,00	0,25		100,00.
	100,00.			

Die Zusammensetzung des grauen Niederschlags ist also  $\text{AgB} + \text{H}$ . Es bleibt aber fast auch dieselbe Formel, wenn man auch den geringen Gehalt von Natron als Borax in dem Salze annimmt. Im wasserfreien Zustande besteht das Salz aus:

		Sauerstoff.	At.	Berechnete Zusammensetzung.
Silberoxyd	75,49	5,31	1	76,87
Borsäure	23,45	16,13	1	23,13
Natron	1,06	0,27		100,00.
	100,00.			

Es ist dies also dieselbe Zusammensetzung wie die eines vor langer Zeit von mir untersuchten borsauren Silberoxyds, welches aus kalten concentrirten Auflösungen

gefällt, und einige Zeit mit kaltem Wasser ausgewaschen worden war.

IV. Die Lösungen der beiden Salze wurden wie beim Versuch III. wiederum kochend mit einander gemischt, das Ganze aber darauf bis zum Kochen erhitzt, wodurch der graue Niederschlag braun wurde, und diese Farbe in eine tief schwarzbraune verwandelte, als das Kochen einige Zeit hindurch fortgesetzt wurde. Er wurde nach dem Filtriren mit heißem Wasser ausgewaschen. Die filtrirte Flüssigkeit reagirte alkalisch, gab mit Chlorwasserstoffsäure einen sehr starken Niederschlag, und mit salpetersaurer Silberoxydlösung eine sehr schwache Opalisierung, aber keine Fällung durch eine Boraxlösung. Als die ganze Menge der filtrirten Flüssigkeit mit Chlorwasserstoffsäure versetzt wurde, entstand ein so starker Niederschlag von Chlorsilber, dafs dieser dem Anscheine nach der Hälfte des ursprünglich erhaltenen gleich zu kommen schien.

Der erhaltene tief schwarzbraune Niederschlag war aber in der That reines Silberoxyd, mit etwas Wasser verbunden, aber keine Borsäure enthaltend. Er hatte aber Kohlensäure aufgenommen und bestand nach dem Trocknen bei 100° aus

Silberoxyd	97,33
Wasser und Kohlensäure	2,67
	<hr/> 100,00.

Die Menge des Wassers ist nur unbedeutend gewesen, und die Zusammensetzung des Niederschlags kommt mit der überein, welche das Silberoxyd zeigt, wenn es durch alkalische Reagentien gefällt worden ist <sup>1)</sup>.

Die Anwendung der erhöhten Temperatur und die des Auswaschens haben also dieselbe Wirkung hervorgebracht, wie sie durch eine verdünnte Boraxlösung erzeugt wird, wenn zu derselben eine Lösung von salpetersaurem Silberoxyd hinzugefügt wird.

Es ist auffallend, dafs man durch neutralen Borax nicht, wie man es erwarten sollte, durch Fällung bei der Koch-

1) Pogg. Ann. Bd. 85, S. 317.

hitze und durch Auswaschen mit heissem Wasser, dasselbe Resultat erhält, wie durch gewöhnlichen Borax. Nach dem Versuch II, S. 485 enthält der auf diese Weise erzeugte Niederschlag auch Borsäure, freilich in sehr geringer Menge.

Das Verhalten des Silberoxydes gegen Borsäure und Wasser zeigt recht deutlich wie letzteres wirken kann, wenn es in gröfserer Masse auftritt. Es kann nach und nach die ganze Menge der Borsäure dem Silberoxyde entziehen, und der Einfluss der chemischen Masse des Wassers ist vielleicht bei keiner Verbindung der Borsäure so lehrreich zu ergründen, wie bei der mit dem Silberoxyd. Nur bei den Verbindungen der Borsäure mit dem Kupferoxyde kann etwas Aehnliches beobachtet werden.

(Fortsetzung folgt.)

## XVI. *Ueber das Vorkommen des Manganspathes in Nassau; von F. Sandberger.*

In den letzten Jahren wurden ganz unerwartet in der mächtigen Feldspathporphyrmasse, welche sich nahe bei dem Dorfe Oberneisen, unweit Diez, zwischen den jüngern Gesteinen des Rheinischen Systems erhebt, äufserst reiche Lagerstätten von Braun- und Rotheisenstein entdeckt. Alle Verhältnisse derselben, welche Hr. Bergmeistereiverwalter Stein <sup>1)</sup> zu Diez ausführlicher geschildert hat, weisen auf eine Ausscheidung der Erze aus dem Porphyr selbst hin, der in der ganzen Gegend von Diez in der Regel schon durch seine dunkel braunrothe bis braune Farbe eine Imprägnation mit Eisen- und Manganoxyden verräth. Mitten unter dem Rotheisenrahm, der einen grofsen Theil jener Lagerstätte bildet, finden sich feste Knollen von halbzer-

1) Jahrbücher des Vereins für Naturkunde im Herzogthum Nassau. Hft. VIII. Abth. 2, S. 123 ff.

setztem braunen Porphyr, auf dessen Klüften und Drusenräumen Hr. Stein himbeerrothe Krystalle in Begleitung von Psilomelan auffand, welche er mir zur Untersuchung übersendete. Ich erkannte in denselben sogleich die von Breithaupt mit dem sehr bezeichnenden Namen Himbeerspath belegte Varietät des Manganspaths. Die Combination der Krystalle ist neu, spitzes Rhomboëder mit der Endfläche, während man sonst an diesem Minerale nur stumpfe Rhomboëder zu sehen gewohnt ist. Ein spitzes wird bis jetzt lediglich von Dufrénoy <sup>1)</sup>, jedoch ohne Angabe der Winkel aufgeführt. Wiewohl die Krystalle sämmtlich nicht vollkommen glattflächig waren, so wurden doch Messungen der am schärfsten ausgebildeten vorgenommen, welche für die Polkanten übereinstimmend  $68^\circ$  Neigung ergaben. Dieser annähernden Bestimmung entspricht mit Zugrundelegung von  $106^\circ 51'$  (Mohs) für das Grundrhomboëder die Ableitungszahl  $\frac{7}{2}$  und würde das neue Rhomboëder daher vorläufig als  $\frac{7}{2}$  R. aufzuführen seyn, bis sich noch besser ausgebildete Krystalle gefunden haben. Das analoge Rhomboëder der Kalkspathreihe ist  $\frac{13}{4}$  R. Ich bemerke gleich hier, daß am Sphärosiderit von Steinheim höchst selten kleine Krystalle vorkommen, welche mit der angeführten Combination des Manganspaths gänzlich übereinstimmen und auch für dieses Mineral ein analoges spitzes Rhomboëder vermuthen lassen. Wenn es mir gelingt, das erforderliche Material zu erhalten, so werde ich darüber ebenfalls eine Mittheilung machen.

Außer in Krystallen findet sich der Manganspath bei Oberneisen in warzigen und traubigen Gestalten, öfters mit Anlage zu strahliger Structur. Die Spaltbarkeit parallel dem Grundrhomboëder ist meist sehr gut ausgesprochen, jedoch die Flächen immer etwas gekrümmt. Während die erwähnte Combination matt und glanzlos erscheint, zeigen die Spaltungsflächen in Perlmutterglanz übergehenden Glasglanz. Im frischen Zustande ist die Farbe des Minerals himbeerroth, selten in's Röthlichweiße übergehend,

1) *Traité de Minéralogie II*, p. 421.

das Strichpulver rein weiss. Bei der Zersetzung ändert sich diese Farbe allmählig durch Rothbraun in Braun um und der Strich wird gelbbraun, jedoch ohne Zerstörung der Krystallform und Spaltbarkeit. Behandelt man diese Masse mit Salzsäure, so entwickelt sich Chlor in grosser Menge und beim Glühen in der Glasröhre entweicht viel Wasser. Es muss daher eine Umänderung in Manganoxydhydrat vorgegangen seyn. Mit Rücksicht auf die Erhaltung der Form könnte daher das Zersetzungsprodukt als Pseudomorphose von Manganit nach Manganspath bezeichnet werden.

Wiesbaden, 22. December 1852.

## XVII. Ueber eine auffallende elektrische Erscheinung; von J. Srtsczek,

Prof. d. Physik an der K. K. Josephs-Industrie-Schule zu Pesth.

Die zur Hervorrufung dieser Erscheinung nothwendige Mittel sind so einfach, dass es nur einer kurzen Erklärung bedarf um einen Jeden in den Stand zu setzen, von dem Gesagten sich selbst zu überzeugen.

Eine kleine Leidner Flasche, die bequem in einer Hand gehalten werden kann, lade man z. B. mit positiver E; nähere allmählig den Knopf der Flasche mehreren auf reinem Papier liegenden Goldblatt-Stückchen, etwa 6 bis 12 Lin. Länge, auf 1 bis 1½ Lin. Breite, und entweder rechteckiger, rhomboidischer, trapezoischer, dreieckiger oder sonst wie länglich eckiger Gestalt.

Es beginnt sogleich wie bekannt — ein Hüpfen der Blättchen, aber bald wird das eine oder das andere die merkwürdige Erscheinung zeigen: dass es gegen den Knopf der Flasche sich bewegend, ohne diesen berührt zu haben, in einer gewissen, manchmal 2 Zoll betragenden Entfernung, plötzlich stehen bleibt, frei in der Luft schwebt,

und nicht selten in erwähnter Entfernung um den Knopf der Flasche sich bewegt, auch gleichzeitig um die eigene Axe rotirt, oder wenigstens das Bestreben zu diesen Bewegungen zeigt.

Meine Wahrnehmungen die ich bisher bei der Beobachtung dieser Erscheinung gemacht habe, sind folgende:

1. Der Knopf der Flasche muß mehrere Zolle über den isolirten Rand der Flasche emporragen, damit längere und in größeren Entfernungen schwebende Blättchen, von dem Rande nicht angezogen werden. An dem Conductor einer elektrischen Maschine findet das Schweben zwar in viel größerer Entfernung statt (auch 1 Fuß), aber der Versuch gelingt nicht so schnell. Die Blättchen müssen glatt seyn, und eine längliche Gestalt haben.

2. Bei gleich starker Ladung der Flasche schweben gleich lange Stücke von Blattgold, aber von verschiedener Gestalt, in verschiedenen Entfernungen von der Flasche.

3. Bei einer und derselben Ladung, und ziemlich ähnlicher Gestalt der Blättchen, schweben die langen in größeren Entfernungen als die kurzen. Am deutlichsten sieht man dies, wenn es gelingt mehrere Blättchen verschiedener Größen gleichzeitig zum Schweben zu bringen.

4. Mit abnehmender Intensität der Ladung, nähert sich das Blättchen allmählig dem Knopfe der Flasche; führt man aber dieser mit dem Knopfe einer zweiten Flasche die gleichnamige E. zu, so entfernt sich das Blättchen abermals von dem Knopfe. Auf diese Weise kann bei trockner Luft das Schweben des Goldblattes Stunden lang erhalten werden, ohne mehr als 6 bis 7mal neue Ladung zuführen zu müssen. Auch kann man, indem die Knöpfe der beiden Flaschen sich berühren, das schwebende Blättchen sehr leicht mit dem letzt zugeführten Knopfe auffangen.

5. Die Rotation beginnt bei einigen Blättchen nur dann, wenn sie dem Knopfe der Flasche schon nahe gekommen sind, zugleich wird mit dieser Annäherung die Rotationsbewegung beschleunigt.

6. Bei Stückchen von günstiger Gestalt ist das Gleichgewicht der das Schweben bewirkenden Kräfte so stabil, daß man die aufrecht gehaltene Flasche gewaltsam herabschnellen kann, ohne das Blättchen aus dem schwebenden Zustande zu bringen.

7. Aus der von dem Knopfe der Flasche abgewendeten Seite des schwebenden Blättchens strahlt stets Elektrizität aus und zwar von derselben Qualität, wie die der Flasche ist; und hat die Fähigkeit auf bedeutende Entfernungen (3 bis 4') in der trockensten Luft sich fortzupflanzen; denn wenn ein Goldblatt-Elektroskop in der besagten Entfernung dem schwebenden Blättchen gegenüber aufgestellt wird, zeigen die Elektroskop-Blättchen eine bleibende starke Divergenz, wenn man auch nun die Flasche entfernt. Ganz dasselbe geschieht, wenn man den Conductor einer Elektrisirmaschine mit Spitzen versieht, und diesen gegenüber das Elektroskop in einer Entfernung von 1° bis 2° aufstellt und die Maschine in Gang setzt.

8. Entfernt man das schwebende Blättchen — ohne es leitend zu berühren — aus dem Bereiche des Knopfes dadurch, daß man die aufrecht gehaltene Flasche gewaltsam herabschnellt —, so findet man, daß jene Stücke, die in größeren Entfernungen (etwa über 1") vor dem Knopfe schwebten, im neutralen; die in minderen Entfernungen schwebend gewesen, aber im negativen elektrischen Zustande sich befinden. Nur solche Blättchen, die während des Schwebens dem Knopfe sich zu sehr genähert haben, zeigen nach erwähnter Entfernung manchmal positive Elektrizität.

9. Die auf erwähnte Weise neutral und negativ befundenen Blättchen können, während sie herabfallen, abermals durch Annäherung des Knopfes der Flasche zum Schweben gebracht werden, letztere aber leichter als die erstern. Es scheint, daß auch solche, die eine sehr schwache + E. zeigten, durch plötzliche Annäherung des ebenfalls positiv elektrischen Knopfs zum Schweben gebracht werden können.

Die Rotation des schwebenden Blättchens hat wahrscheinlich einen ähnlichen Grund, wie die Bewegung des elektrischen Flugrades. Zur Erklärung des Schwebens aber scheinen mir besonders die zwei letzteren Punkte noch eine schärfere Prüfung zu erheischen ').

Pesth, den 18. November 1852.

### XVIII. Kobaltgelb.

In den *Compt. rend.* vom 16. Oct. 1852 berichtet Hr. E. Saint-Evre, daß man auf Zusatz von salpetrigsaurem Kali zu salpetersaurem Kobaltoxyd einen sehr schönen gelben Niederschlag bekomme, bestehend aus  $N_4O_{16} \cdot 2CoO \cdot 2KO \cdot HO$ , welcher unlöslich sey, der Wirkung des Schwefelwasserstoffs gänzlich, und der des Chlorwassers sehr lange widerstehe, und deshalb als Pigment benutzt werden könne. — Wir wollen dabei bemerken, daß die Entdeckung dieser Verbindung dem verstorbenen Prof. N. W. Fischer angehört, der sie im J. 1848 in diesen *Annalen* Bd. 74, S. 124 beschrieben hat.

- 1) Das hier beschriebene Phänomen ist, ungeachtet die neueren Lehrbücher darüber schweigen, freilich nicht neu, vielmehr schon 1749 von Franklin am Conductor der Maschine beobachtet und auch in seiner Weise mit einer Erklärung versehen (Siehe dessen: *Experiments and observations on Electricity etc.*, Lond. 1769, p. 72, auch: *Sämmtliche Werke*, übersetzt von Wenzel, Dresd. 1780, Thl. I, S. 114). Es bleibt indess das freie Schweben eines Goldblatts in so stabiler Lage immerhin eine merkwürdige Thatsache, die wohl einmal aufgefrischt zu werden verdiente, zumal nicht Viele aus eigener Ansicht mit ihr bekannt seyn dürften.

P.